

東京大学

2010

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



スーパーコンピュータシステム B
SGI Altix ICE 8400EX/3840cpu



航空写真：2010年4月撮影

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

24 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

48 先端分光研究部門
Division of Advanced Spectroscopy

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

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

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

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

84 共通施設
Supporting Facilities

88 柏キャンパス地図
Kashiwa Campus Map



ご挨拶

物性研究所は東京大学附置の全国共同利用研究所として 1957 年に設立され、物性科学分野における我が国の中核的研究機関としての役割を果たして来ました。六本木キャンパスにおける約 40 年間の活動を経て 2000 年に柏キャンパスに移転しましたが、早それから 10 年が経過しました。移転の機会に建物をはじめインフラの整備ができたおかげで、柏では六本木時代に比べて格段に良好な実験環境が得られています。移転当初、大きな問題であった交通の便も、2005 年 8 月に「つくばエクスプレス」が開業してかなり改善されました。

文部科学省の方針により、従来からの大学附置共同利用研は新たに共同利用・共同研究拠点という制度の枠組みで活動することとなりました。物性研も日本学術会議や物性委員会からのサポートレターを添えて申請を行い、認定を得て 2010 年 4 月から共同利用・共同研究拠点としての活動を開始しています。共同利用・共同研究は物性研究所が創立以来行ってきたことですので本質的变化はありませんが、共同利用施設専門委員会の位置づけが「共同利用の課題採択の決定機関」として、より明示的になるなどいくつかの変更点がありました。

伝統的にはスモールサイエンスに属していると目される物質科学においても、大型設備を用いた研究の比重は近年とみに増えています。物性研では、一般の学部・研究科ではその維持運営が困難な大型研究施設のいくつかを担っていますが、それらについて最近の進捗状況と課題を述べておきます。放射光に関しては、SPring-8 の長直線部に垂直および水平の長尺アンジュレーターを配した東京大学アウトステーション物質科学ビームライン (BL07LSU) の建設が完了し、2009 年 10 月に完成披露式典を行いました。中性子に関しては、J-PARC 物質生命科学実験施設 (MLF) の BL12 に KEK の物質構造科学研究所と共同で建設を進めていた高分解能チョッパー分光器 (HRC) が完成し、2010 年 3 月に完成披露式典を行ないました。強磁場に関しては、ロングパルス用フライホイール付き直流電源が本格稼動し、100 テスラ非破壊パルス磁場の実現に向けてコイル開発が進んでいます。電磁濃縮法による破壊型パルス超強磁場については副コンデンサバンクの老朽化という問題を抱えていましたが、最先端研究基盤整備事業に採択されたことによりその更新と主バンクの増強が叶うこととなりました。次世代スパコンに関しては、戦略分野 2 「新物質・エネルギー創成」の代表機関として物性研が分子研・東北大金研の協力のもとに計算物質科学イニシアチブ (CMSI) という組織を構成して計算物質科学を推進することとなり、2010 年 9 月にキックオフシンポジウムを開催しました。

これらの大型実験施設や大規模研究は、複数の研究機関の連携協力によるケースが多く、その運営に新たな仕組みの検討が必要となる局面も少なくありませんが、全国共同利用の基本精神を基軸として対処する所存です。設備・装置の高度化・大規模化に伴ってその運営に要する人員が当然増えるにもかかわらず、実際に起こっていることは定員削減による実数減です。このような状況に対処するには、物性研スタッフが「持続可能な最大限の努力」を行なう一方、所外の研究者の協力が不可欠です。また、共同利用が継続している装置であっても競争力が低下したものは場合によっては整理するなどの思い切った見直しが必要かもしれません。いずれにせよ、簡単な解決策はありませんが、物性研がより良く機能するためにどうすれば良いか、各分野の研究者コミュニティとの意思疎通を密にして検討を進めたいと考えています。

2010 年 10 月

家 泰弘

Preface

Institute for Solid State Physics (ISSP) was established in 1957 as a joint-use research institute attached to the University of Tokyo and has acted as a central organization in the field of materials science in Japan. After 40 years of activity in Roppongi campus, ISSP moved to Kashiwa campus and started afresh in 2000. Thanks to new research buildings and renewal of research facilities, the research environment in Kashiwa by far exceeds that in Roppongi. Transportation, one of the major problems at the time of relocation, has been greatly improved after the opening of Tsukuba Express railway in 2005.

Over the last couple of years, MEXT took the initiative in renovating the joint-use research institute scheme in Japan. ISSP was duly granted the authorization as a joint usage/research center in the new scheme. Since it is precisely what ISSP pursued since its establishment, it does not imply any change in our mode of operation except that the Advisory Committee for Joint Research is explicitly authorized as the decision-making committee on the issues of joint-use/joint-research activities.

In recent years, the relative weight of researches using large facilities has increased immensely even in the field of materials science which is traditionally thought to belong to the so-called small science category. ISSP is in charge of operating some of those large facilities which are difficult to maintain by ordinary university faculties. Here we briefly report the state of affairs and problems about those undertakings. As for the Synchrotron Radiation Laboratory, we celebrated the completion of Materials Science Beamline at the SPring-8 Facility under the University of Tokyo Outstation Project in October 2009. As for the Neutron Science Laboratory, we hold a ceremony to celebrate the completion of the High-Resolution Chopper Spectrometer at the BL12 of J-PARC/MLF in collaboration with KEK in March 2010. At the International Megagauss Science Laboratory, the non-destructive long-pulse magnet project is vigorously pursued with a dc generator with flywheel now in operation. As for the destructive ultrahigh magnetic field project by the electromagnetic compression method, replacement of the superannuated sub bank and reinforcement of the main bank are granted recently by the MEXT. As for the Next-Generation Supercomputer Project, ISSP has been selected as the representative institute to lead the research in the Strategic Field 2, “New Materials and Energy Creation”. The kick-off Symposium of the Computational Materials Science Initiative (CMSI) newly established in collaboration with the Institute of Molecular Science and the Institute of Materials Research, Tohoku University to encompass the fields of computational condensed matter science, molecular science and materials science was held in September 2010.

These large-scale facilities and projects tend to be conducted by cooperation of multiple research organizations. In some cases it is necessary to devise a new scheme for operation, which by itself is a challenge. We shall seek the ways for ISSP to function better by keeping close contact with the research communities in the respective subfields.



所長 Director

家 泰弘
IYE Yasuhiro

October 2010

Yasuhiro Iye, Director

沿革

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

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

極限物性部門は、従来の実験装置では実現不可能な極限的状況を創ると共にその下での新しい物性の探索を行った。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（現・日本原子力研究開発機構）の研究用3号炉の改造に伴い、平成2年度から4年度まで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、高エネルギー物理学研究所（現・高エネルギー加速器研究機構）内に分室を設けビームラインと実験ステーションを維持してきた。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、平成18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 materials 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 Agency. 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 aiming 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, Neutron Science, and Materials Design and Characterization Laboratories). In addition, there is a visiting staff division as well as two foreign visiting professor positions.

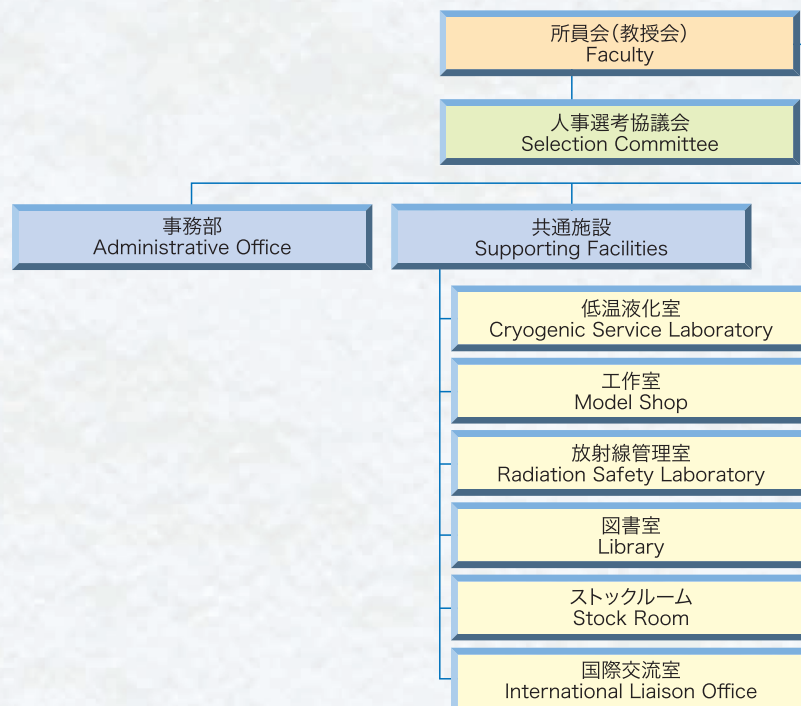
ISSP was relocated to the new campus in Kashiwa of the University of Tokyo in March 2000 after the 43 years of activities at the Roppongi campus in downtown Tokyo. Here ISSP is aiming at creating new areas of science in collaboration with other institutions in Kashiwa. Meanwhile the University of Tokyo 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 2006, the ISSP established International MegaGauss Science Laboratory 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・超高圧・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圧）、軌道放射物性部門、中性子回折物性部門、凝縮系物性部門ならびに理論部門の 5 大部門及び客員部門 1 に再編成される
Reorganization of ISSP from 22 small divisions to five large divisions, Physics in Extreme Conditions (including ultra-high magnetic field, laser physics, surface science, ultra-low temperatures and very high pressure laboratory), Synchrotron Radiation, Neutron Diffraction, Condensed Matter and Theory divisions and one Visiting Staff division
- 昭和 57 年 1982 超強磁場・極限レーザー実験棟竣工
Ultra-High Magnetic Field Laboratory and Laser Laboratory building completed

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

組織 Organization

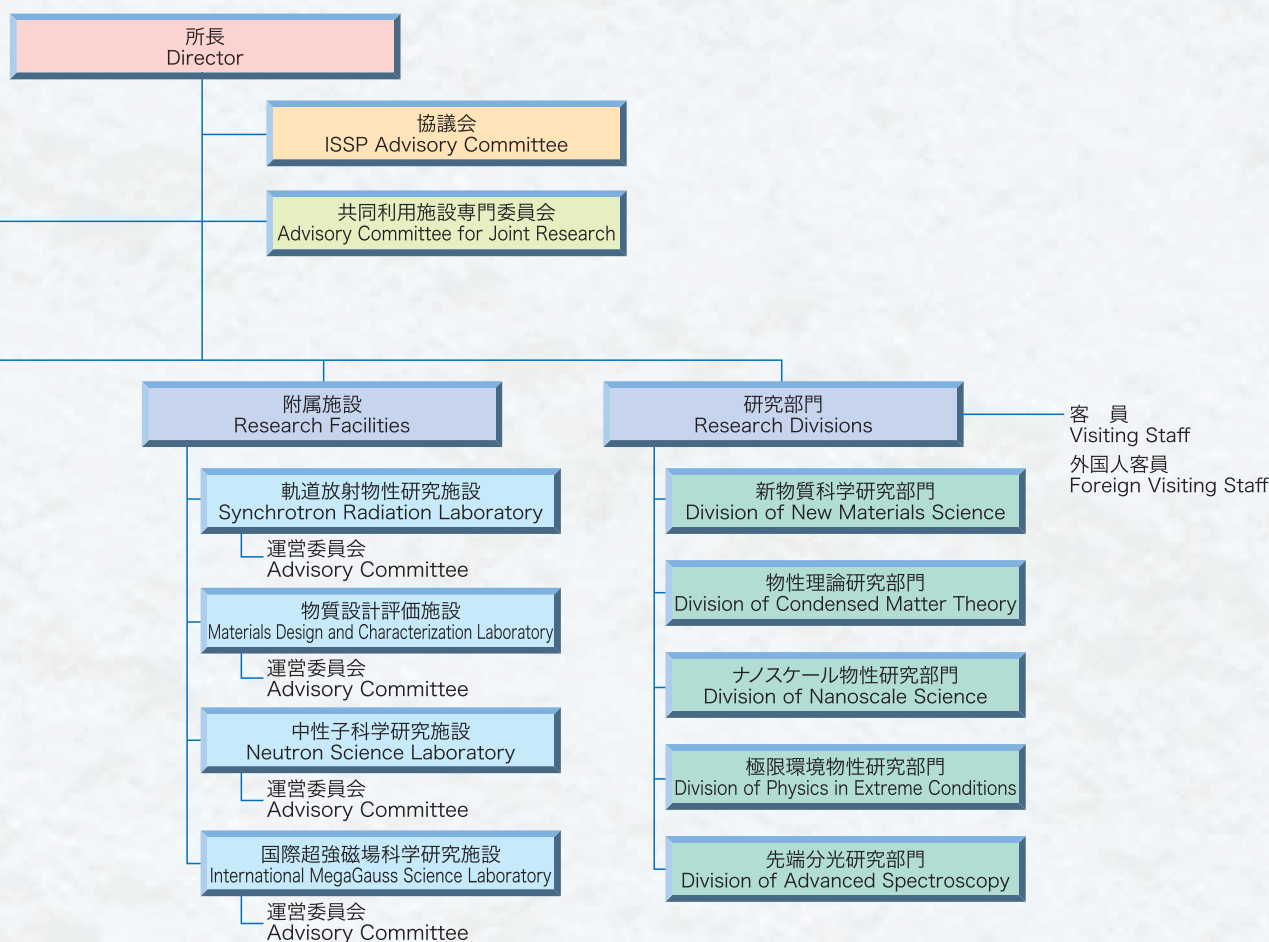


運営 Administration

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

物性研究所の研究体制は 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及び、兵庫県佐用郡佐用町の SPring-8 内に施設分室が置かれており、中性子科学研究施設の実験装置は茨城県東海村の日本原子力研究開発機構内にある研究用原子炉に設置されている。また所内研究者や共同利用者が共通に利用できる施設として低温液化室、工作室、放射線管理室、図書室、国際交流室などが置かれている。

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



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

Currently ISSP consists of five Research Divisions, four Research Facilities, Visiting Staff Division and Foreign Visiting Staff Division. Among these, Synchrotron Radiation Laboratory has branches in the High Energy Accelerator Research Organization (KEK), Tsukuba, Ibaraki and in the SPring-8, Sayo,

Hyogo, and the Neutron Science Laboratory maintains apparatus installed at the research reactor in the Japan Atomic Energy Agency, Tokai, Ibaraki. In addition, 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。

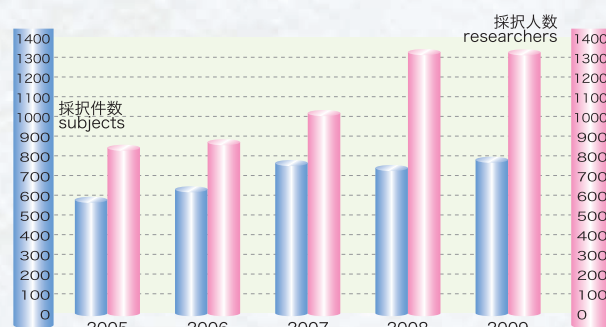
2. 留学研究員——大学、官庁などの研究機関に在籍する若い研究者に対し、長期にわたる本所への留学の機会を提供する制度である。本所の所員の指導のもとで半年以上研究を行う大学院生を対象とした長期留学研究員と、新技術の習得などを目的として滞在する若手研究者のための短期留学研究員の制度がある。

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.



短期研究会 Workshops

※以上の共同利用制度の詳細については本所共同利用係にお問い合わせください。

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

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

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



ISSP plays an important role as an international center of 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 US-Japan cooperative research program on neutron scattering since 1981. In addition, ISSP organizes smaller scale international meetings.

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

ISSP 国際シンポジウム ISSP International Symposium

| ●テーマ Title | ●開催期日 Date | ●参加者数(外国人) Participants(overseas) |
|--|---------------|--------------------------------------|
| 物性と素粒子の対話 Condensed Matter Physics Meets High Energy Physics | 2010・2・8-12 | 192 (78) |
| 量子固体の特性、固体超流動と量子渦状態の基礎研究 Quantum Solid properties, the Supersolid state, and the Vortex State | 2010・3・5-6 | 37 (6) |
| 有機物質におけるスピンに関連した現象 Spin-related Phenomena in Organic Materials | 2010・7・1-3 | 94 (15) |
| ISSP ソフトマター物理国際ワークショップ ISSP International Workshop on Soft Matter Physics (ISSP/SOFT2010) | 2010・8・9-27 | 107 (45) |
| 日本 - スイス共同ワークショップ「強相関物質の理論の新潮流」 Japan-Swiss Joint Workshop "New Trends in Theory of Correlated Materials" | 2010・9・8-10 | 30 (14) |

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

教育/Education

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

ISSP contributes to the graduate education in 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, Advanced Materials, and Complexity Science and Engineering. However, students are encouraged to develop their careers across the established disciplines. Every year a guidance and guided tour are given to those who are interested in graduate courses in ISSP. For undergraduate students, introductory lectures on condensed matter science are given as one of Seminars in Komaba campus.

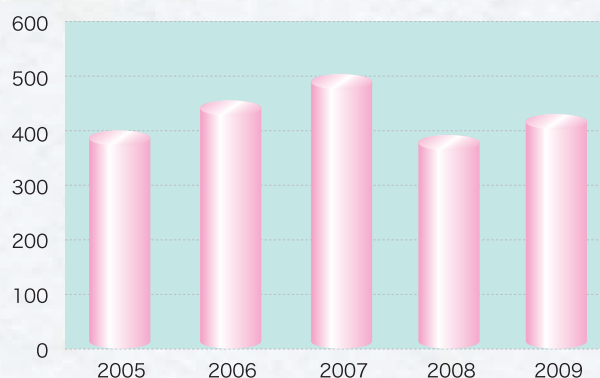
| | 修士課程 Master Course | | | | 博士課程 Doctor Course | | | |
|----------------------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------------------|--------|--------|--------|
| | 2007 年 | 2008 年 | 2009 年 | 2010 年 | 2007 年 | 2008 年 | 2009 年 | 2010 年 |
| 物理学専攻 Physics | 51 | 40 | 33 | 27 | 31 | 26 | 25 | 32 |
| 化学専攻 Chemistry | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| 地球惑星科学専攻 Earth & Planet. Sci. | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 物理工学専攻 Appl. Phys. | 11 | 9 | 10 | 7 | 6 | 4 | 3 | 2 |
| 物質系専攻 Advanced Materials | 36 | 38 | 37 | 38 | 11 | 13 | 14 | 13 |
| 複雑理工学専攻 Complexity Sci. and Eng. | 0 | 4 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 合 計 | 103 | 95 | 88 | 78 | 53 | 47 | 46 | 50 |

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。2009 年度の学術文献 402 編の内訳は、学術論文 354、会議録 33、解説記事 9、本（または本の一部）6 となっている。

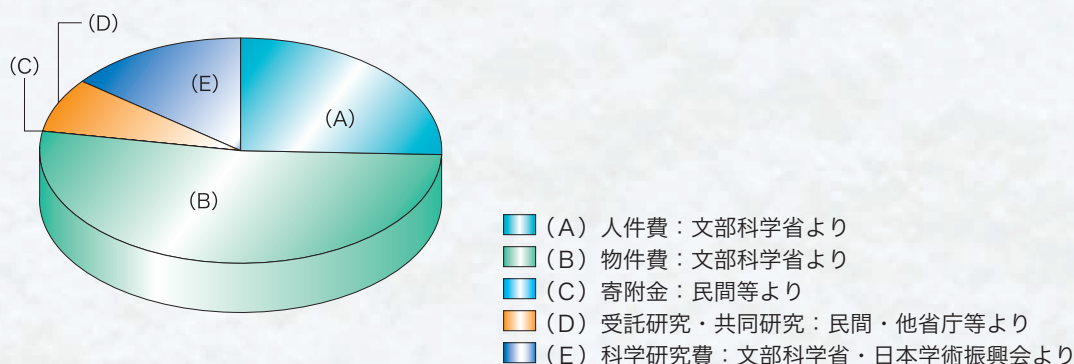
About 350 to 500 scientific issues are published through annual activity in ISSP. The 402 articles published in 2009 consist of 354 papers in refereed journals, 33 proceedings, 9 reviews, 6 books.



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21年度 (2009 fiscal year)



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

| | (A) 人件費 | (B) 物件費 | (C) 寄附金 | (D) 受託研究・共同研究 | (E) 科学研究費 | 計 Total |
|-----------------|------------|------------|------------|------------------|--------------|------------|
| 平成 21 年度 (2009) | 1,363,182 | 2,748,055 | 7,575 | 405,342 | 754,798 | 5,278,952 |
| 平成 20 年度 (2008) | 1,517,658 | 2,559,789 | 8,592 | 322,093 | 493,000 | 4,901,132 |
| 平成 19 年度 (2007) | 1,470,205 | 2,415,721 | 14,178 | 239,450 | 478,600 | 4,618,154 |
| 平成 18 年度 (2006) | 1,447,491 | 2,422,618 | 15,430 | 105,191 | 521,300 | 4,521,030 |
| 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 |

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 22 年 8 月 1 日 現在

| | 教 授 Professors | 准教授 Associate Professors | 助 教 Research Associates | 技術職員 Technical Associates | 事務職員 Administrative Staff | 合計 Total |
|-------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------|
| 現 員 Number of staffs | 24 | 21 | 40 | 34 | 12 | 131 |

新物質科学研究部門

Division of New Materials Science

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

当部門は現在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がもたらす多彩な現象の解明を主要なテーマの1つとしており、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 | 三田村 裕幸 Hiroyuki MITAMURA |
| 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 | 岡田 卓 Taku OKADA |
| 教授 Professor | 森 初果 Hatsumi MORI | 助教 Research Associate | 高橋 一志 Kazuyuki TAKAHASHI |
| 准教授 Associate Professor | 田島 裕之 Hiroyuki TAJIMA | 助教 Research Associate | 松本 洋介 Yousuke MATSUMOTO |
| 准教授 Associate Professor | 中辻 知 Satoru NAKATSUJI | 助教 Research Associate | 木俣 基 Motoi KIMATA |
| 特任講師 Project Assistant Professor | 大串 研也 Kenya OHGUSHI | 助教 Research Associate | 橘高 俊一郎 Shunichiro KITTAKE |
| 准教授(客員) Visiting Associate Professor | 小野田 繁樹 Shigeki ONODA | 教務職員 Technical Associate | 村山 千壽子 Chizuko MURAYAMA |
| 准教授(客員) Visiting Associate Professor | 松田 真生 Masaki MATSUDA | 技術専門職員 Technical Associate | 後藤 弘匡 Hirotada GOTO |
| 教授(外国人客員) Visiting Professor | ベクター イリヤ Ilya VEKHTER | | |

八木研究室

Yagi Group



八木 健彦
Takehiko YAGI
教授
Professor

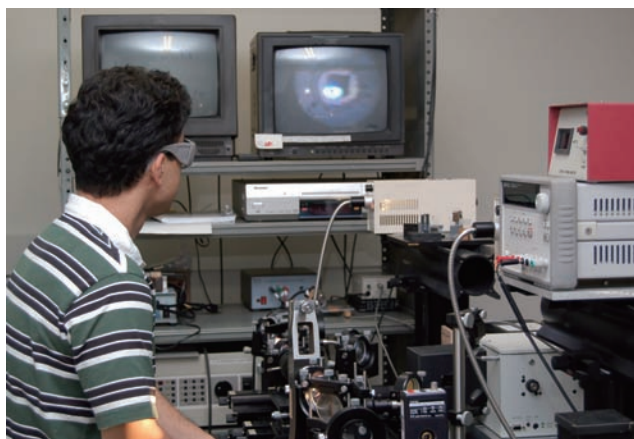


岡田 卓
Taku OKADA
助教
Research Associate

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。

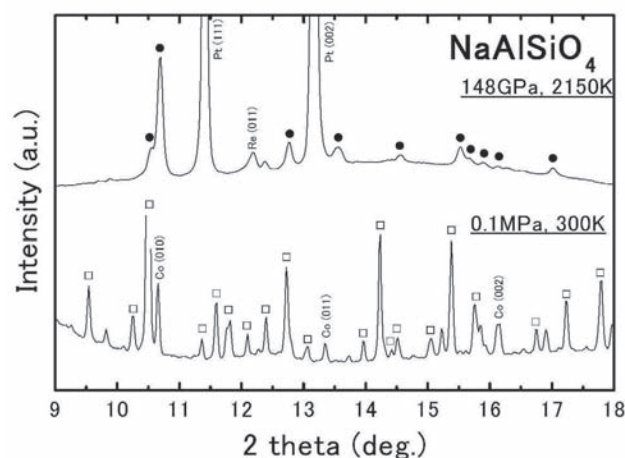
1 気圧下でわれわれが見ている「物質」は、それが本来持つ多様な側面のひとつに過ぎず、物質の真の理解には広い圧力領域での研究が不可欠である。本研究室では、超高压高温下における X 線回折実験や物性実験、回収試料の電子顕微鏡観察などを通して、物質の多様な姿を明らかにすると共に、高圧力を利用して、常圧下では作ることができない新しい物質を合成したり、地球や惑星の深部に存在すると考えられている物質の構造や性質を明らかにする研究を推進している。



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



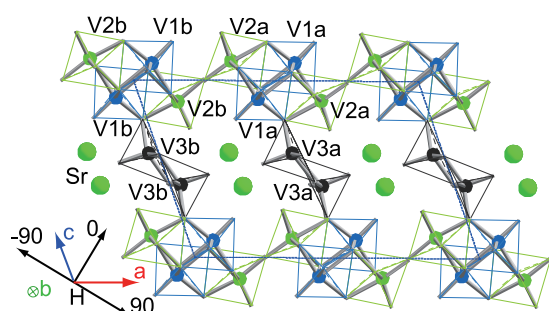
瀧川 仁
Masashi TAKIGAWA
教授
Professor



吉田 誠
Makoto YOSHIDA
助教
Research Associate

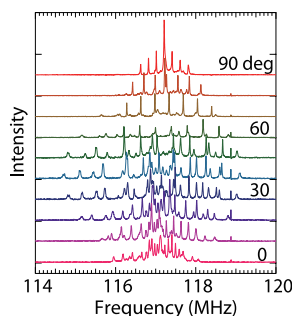
核磁気共鳴法（NMR）を主な実験手段として、固体内の強い電子間相互作用に起因する現象を研究している。強相関電子系では、超伝導、強（反強）磁性、電荷秩序、軌道秩序といった多彩な秩序状態が拮抗しており、磁場・圧力などの外的条件を変えることでこれらの間の量子相転移が起こり得る。原子核は固有の磁気モーメントや電気四重極モーメントを持っており、これらは周囲の電子が作る磁場や電場勾配を感じている。このためNMRは、固体内電子のスピンの、電荷、軌道などの自由度が絡み合って現れる特異な秩序状態や揺らぎの性質を、ミクロに探る有力な実験手段となる。我々は色々な特色を持つパルスNMR測定装置を整備し、低温・強磁場・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

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.



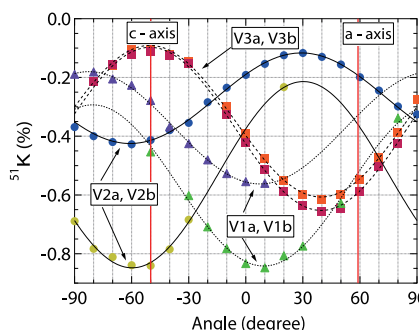
金属絶縁体転移を示す擬1次元伝導体 β - $\text{Sr}_{0.33}\text{V}_2\text{O}_5$ の高温金属相における結晶構造。 b 軸方向に2倍周期でSrが秩序化することにより、6種類のバナジウムサイトが生じる。

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

榎原研究室

Sakakibara Group



榎原 俊郎
Toshiro SAKAKIBARA
教授
Professor



橘高 俊一郎
Shunichiro KITAKA
助教
Research Associate



三田村 裕幸
Hiroyuki MITAMURA
助教
Research Associate

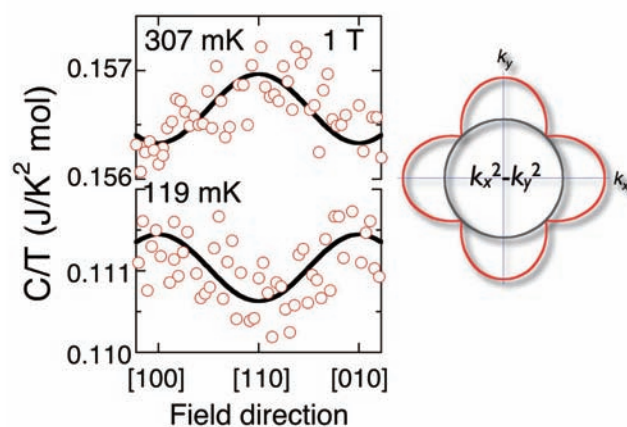
物質の示す磁気現象は広い温度範囲にわたっている。その中で重い電子系などある種の物質系では1ケルビンよりも遙かに低い温度領域で興味深い性質を示す場合がある。このような温度領域では通常の磁気測定手段を適用することが困難なため未開拓の課題も多く、新しい物性現象が期待される。当研究室ではこのような低い特性温度を持つ様々な物質系の磁気物性の研究を行っている。具体的にはf電子化合物や重い電子系、量子スピン系およびフラストレートスピン系などが研究対象で、磁化や比熱測定を主な実験手段として研究している。この目的のために、我々は30ミリケルビンの極低温まで磁化測定が可能な高感度の磁力計や、様々な磁気異方性の検出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17 Tまでの磁化測定が可能である。

The force-sensing capacitor 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 17 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.



重い電子超伝導体 CeCoIn5 の混合状態における比熱の磁場方向依存性およびこの実験から導かれるギャップ対称性。

Field-angle dependence of the specific heat in the superconducting mixed state of the heavy-fermion superconductor CeCoIn5, and the gap symmetry deduced from the experiment.

研究テーマ Research Subjects

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

森研究室

Mori Group



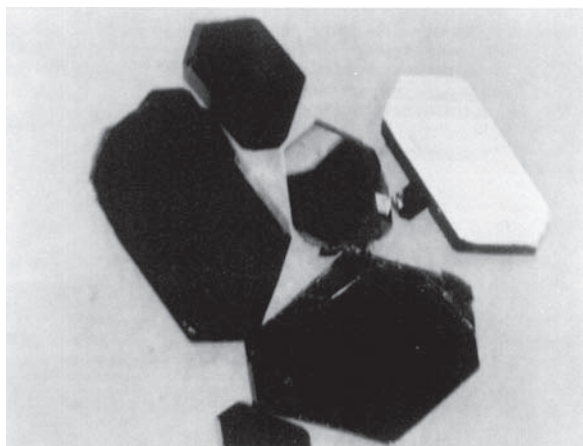
森 初果
Hatsumi MORI
教授
Professor



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) 約 5000 万種あ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外場応答が大きく、分子を媒介として電子-格子相互作用が大きいこと、4) 電子間クーロン相互作用（電子相関）が大きく、電子の波動性（伝導性）と粒子性（磁性）が競合することなどが挙げられる。我々も、分子をデザインすることにより分子間相互作用および電子相関など物性パラメータを少しずつ変化させて、電荷、格子、スピンに加え、分子の自由度が現れる、分子性物質ならではの特異な機能性を研究している。最近、分子の屈曲と伸縮の自由度と電子相関のため現れるチェッカーボード型電荷秩序相と、圧力下で超伝導相が競合する新しい有機超伝導体（図参照）を見出した。

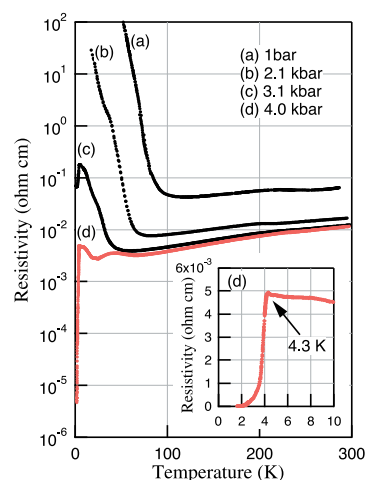


定電流電解法で作成した有機超伝導体 $[\kappa\text{-ET}_2\text{Cu(NCS)}_2]$ の単結晶

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

The syntheses and structural and physical properties for molecular functional materials such as molecular conductors, magnets, and dielectrics have been studied. The attractive points of molecular materials are 1) that there is a variety of materials since around 50 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) reflect the magnetism as well as conductivity in molecular conductors.

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



新規有機超伝導体 $\beta\text{-(meso-DMBEDT-TTF)}_2\text{PF}_6$ 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低下し、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. 分子の自由度を生かした新規有機（超）導体の開発と物性研究
Development and studies of structural and physical properties for novel organic (super)conductors based upon molecular degree of freedom
2. 固体中での動的なプロトン運動を利用した有機誘電体の開発と物性研究
Development and studies of structural and physical properties for organic dielectrics in use of proton dynamics
3. 磁性と伝導性が競合する金属錯体の開発と物性研究
Development and studies of structural and physical properties for novel metal complexes whose magnetism and conductivity are competitive
4. 分子性物質の外場（光、磁場、電場、温度、圧力）応答の研究
Studies of responses by external stimuli (light, magnetic and electric fields, temperature, pressure) for molecular materials

田島研究室

Tajima Group



田島 裕之
Hirooyuki TAJIMA
准教授
Associate Professor

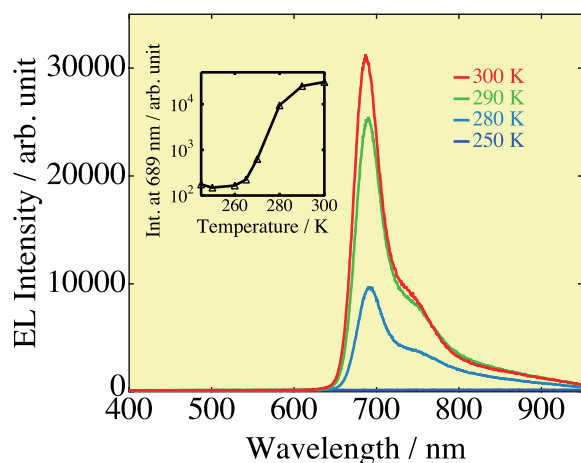


木俣 基
Motoi KIMATA
助教
Research Associate

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נקロスオーバー錯体、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。



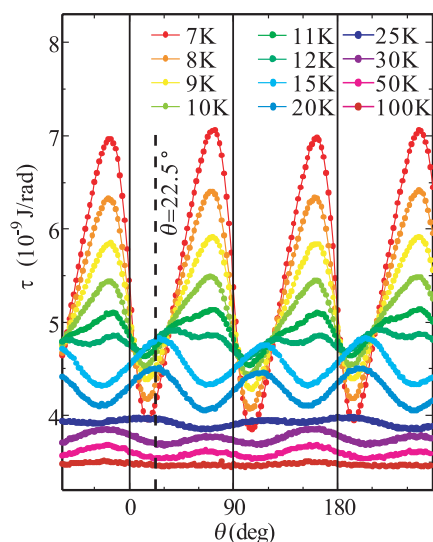
ITO/chlorophyll *a*:[Fe(dpp)₂](BF₄)₂/Al の接合デバイスの電界発光スペクトルの温度依存性（印加電圧 3.5V）。内挿図は、689 nm の電界発光強度の温度依存性。

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.

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.



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

中辻研究室

Nakatsuji Group



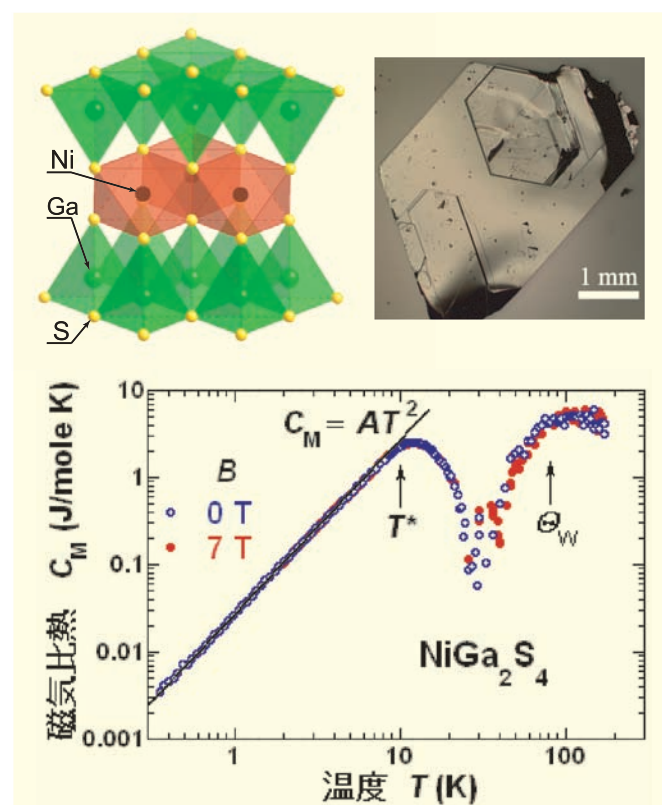
中辻 知
Satoru NAKATSUJI
准教授
Associate Professor



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 intermetallics. Our interest lies in quantum phenomena such as exotic superconductivity and 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

- 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 spin liquid states near quantum phase transitions
- 磁性金属におけるベリー位相の効果
Berry phase effects in magnetic metals
- 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

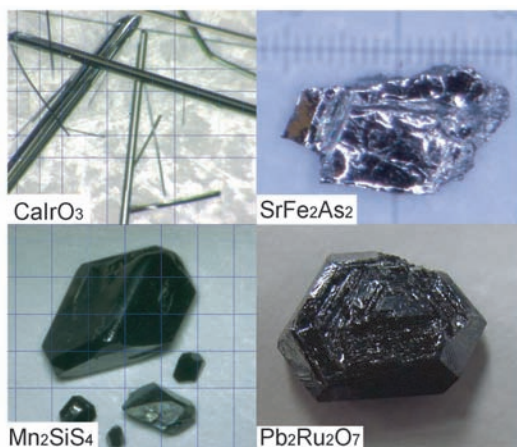
Ohgushi Group



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。

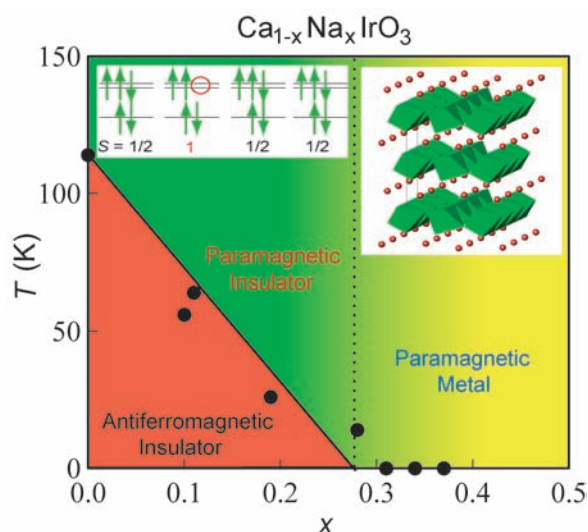


強相関電子物質の単結晶。電荷注入により金属絶縁体転移を示すポストペロブスカイト型酸化物 CaIrO_3 、高温超伝導体の母物質 SrFe_2As_2 、温度-磁場平面で新奇な多重臨界現象を示すオリビン型硫化物 Mn_2SiS_4 、反転対称性の破れた金属 $\text{Pb}_2\text{Ru}_2\text{O}_7$ 。

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 focus 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 $\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{IrO}_3$ ($0 \leq x \leq 0.5$) 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

小野田研究室

Onoda Group



小野田 繁樹
Shigeki ONODA
客員准教授
Visiting Associate Professor

パイロクロア格子系磁性体において近年観測された、カイラル秩序による異常ホール効果や、関連物質群における多重極秩序の可能性をはじめとして、これらの系での新しい電子輸送特性を予言、ないし説明するための理論的研究を行っている。

遍歴強磁性体における異常ホール効果は、物質中の電子スピンの空間的にそろっていることを如実に反映する輸送特性として知られている。一方、スピンの空間的にそろわなくても、循環電流を伴うカイラル秩序のために時間反転対称性が巨視的スケールで自発的に破れ、異常ホール効果をもたらすことが理論上可能である。解析的・数値的理論解析を駆使して、パイロクロア格子系において、カイラル秩序、四重極秩序、量子化された3次元異常ホール効果、トポロジカル絶縁体など、物質の新しい状態が実現する可能性を理論的に探究している。

Theoretical investigations are made for explaining the anomalous Hall effect due to the chiral order recently observed in a pyrochlore-lattice magnet, and predicting a possible multipole order and novel electron transport properties in pyrochlore systems.

The anomalous Hall effect in itinerant ferromagnets is well known as a characteristic electron transport phenomenon that is caused by the uniform magnetization due to the spatially aligned electronic spins in the materials. On the other hand, it is theoretically possible that even in the absence of such spatial alignment of the spins, the time-reversal symmetry is spontaneously broken on a macroscopic scale by yet another order such as a chiral order accompanied by circulating electric current, which should also produce the anomalous Hall effect. Using analytic and numerical approaches, we theoretically explore possibilities of realizing novel states of matter in pyrochlore systems, such as a chiral order, a quadrupolar order, the three-dimensional quantized anomalous Hall effect, and a topological insulator.

松田真生研究室

M. Matsuda Group



松田 真生
Masaki MATSUDA
客員准教授
Visiting Associate Professor

分子性化合物を用いて新奇現象を発現する機能性物質と薄膜素子の開発を目指した研究を行っている。特に、金属錯体は「分子内 π -d 相互作用」、「分子内遷移」、「相転移現象」といった多様な外場応答性機能の起源を含んでおり、新奇現象を発現させるための魅力的な構成成分である。

分子性導電体の研究においては、フタロシアニン (phthalocyanine: Pc) を配位子とする金属錯体である $\text{Fe}(\text{Pc})(\text{CN})_2$ から単一分子を起源とする大きな負磁気抵抗効果を発現する系の構築に成功している。最近では、外場によるスピン状態の変化、いわゆるスピン転移が生じる「スピncrossオーバー錯体」を用いることで、スピン転移による電界発光 (electroluminescence: EL) 素子の発光消失という新奇現象を見出すことにも成功している。

これらの発現機構解明のため、物性研内の複数研究室との共同研究を展開している。

Our research subject is development of molecular functional materials and thin film devices exhibiting novel phenomena. Especially, transition-metal complexes are fascinating compounds because they have the intramolecular π -d interaction, intramolecular charge transfer transition and/or phase transition phenomena that should lead to variable external fields response.

In a study of molecular conductors, using $\text{Fe}(\text{Pc})(\text{CN})_2$, transition-metal complex compound with iron phthalocyanine (Pc), we have succeeded in constructing a system that exhibits a matchless giant negative magnetoresistance, which originates from $\text{Fe}(\text{Pc})(\text{CN})_2$ itself. In a study of thin film devices, using spin crossover complexes that are transition-metal complexes show a change in the spin state by external perturbations, we have also succeeded in finding a novel phenomenon of an electroluminescence quenching caused by the spin crossover transition.

To clarify the mechanism of these phenomena, we are collaborating with several groups in ISSP.

ベクター研究室

Vekhter Group



ベクター イリヤ
Ilya VEKHTER
外国人客員教授
Visiting Professor

非従来型の超伝導、超伝導と他の電子秩序との相関問題および量子臨界現象を中心に強相関電子系の理論的研究を行っている。物性研では榊原研究室と密接に連携し、超伝導状態における回転磁場下の比熱の異方性についての解析を行う。この比熱の実験は超伝導ギャップのノード（極小）方向をバルク測定で調べることのできる数少ない手段の一つであり、ペアリング相互作用に関する有用な情報を与える。これまでに我々はこの比熱の異方性に関する微視的理論を構築した。この研究をさらに発展させて、マルチバンド超伝導や競合する秩序を持つ超伝導、トリプレット超伝導などにも応用する予定である。これらはいずれも重い電子超伝導を考える上で重要である。この他にも、物性研で理論的・実験的研究が盛んな新奇の秩序や輸送現象を示す系、および量子臨界現象についても視野に入れている。

My research focuses on the theoretical studies of strongly correlated electron systems with emphasis on unconventional superconductivity and its interplay with other electronic orders, as well as on quantum critical phenomena. At ISSP I intend to work in close contact with the experimental group of Prof. Sakakibara to analyze the anisotropy of the specific heat under rotated magnetic field in the superconducting state. Measurement of this anisotropy is among few reliable bulk tests for the directions where the superconducting gap is small or zero, and therefore provides valuable information on the pairing interaction. Previously we developed a microscopic theory for this anisotropy. I intend to extend our work to the analysis of multi-band superconductors, systems with orders competing with superconductivity, and to triplet superconductors, all of which are relevant to heavy fermion systems. I am also interested in other systems that show unconventional orders, exotic transport phenomena, and quantum critical behavior which are investigated both experimentally and theoretically at ISSP.

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

助教
Research Associate

佐藤 昌利
Masatoshi SATO

教授
Professor

高田 康民
Yasutami TAKADA

助教
Research Associate

藤井 達也
Tatsuya FUJII

教授
Professor

押川 正毅
Masaki OSHIKAWA

助教
Research Associate

前橋 英明
Hideaki MAEBASHI

教授
Professor

常次 宏一
Hirokazu TSUNETSUGU

助教
Research Associate

服部 一匡
Kazumasa HATTORI

准教授
Associate Professor

甲元 真人
Mahito KOHMOTO

助教
Research Associate

野口 良史
Yoshifumi NOGUCHI

准教授
Associate Professor

杉野 修
Osamu SUGINO

准教授
Associate Professor

加藤 岳生
Takeo KATO

教授(外国人客員)
Visiting Professor

カザリラ ミゲル
Miguel CAZALILLA

教授(外国人客員)
Visiting Professor

ビニャーレ ジョバンニ
Giovanni VIGNALE

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

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がある。また、パイロクロア格子上のハイゼンベルグ格子を考察し、その擬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。

近年発見された β パイロクロア化合物の超伝導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。

さらに、振動するイオンが磁性イオンである場合には、格子振動と近藤効果の絡み合いという新たな問題が生じる。局在軌道と伝導電子の混成に加え、フォノンを介して新たに生じるチャンネルによる2チャンネル近藤効果が普遍的に見られることが明らかになった。

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

振動する磁性イオンのクーロン相互作用 (U) とフォノンを伴った混成強度 (V_1) 空間での低温極限での振る舞い。緑いこまれたフェルミ鎖 (RF-chain)、s 波近藤効果 (s-chK)、p 波近藤効果 (p-chK) と Yu-Anderson 近藤効果 (YAK) の振る舞いが見られる。境界線上では2チャンネル近藤効果が見られる。

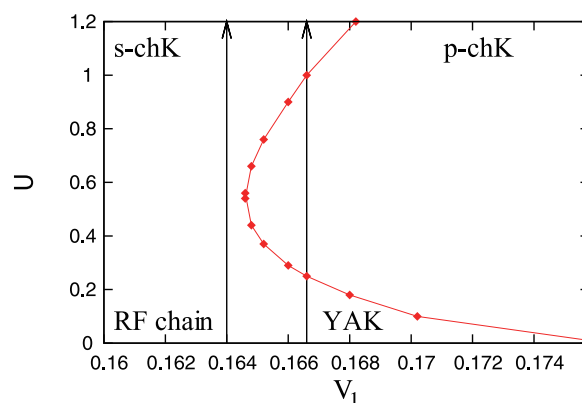
Four regimes in the low temperature behaviors of Kondo effect of a vibrating magnetic ion. On the boundary two-channel Kondo behaviors are identified.

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 $S=1$ Heisenberg model on the pyrochlore lattice is 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 the strongly anharmonic vibration of ions and we have shown that it is the origin of unusual temperature dependences of resistivity and NMR relaxation rates.

Recently effect of vibrations of a magnetic ion coupled with conduction electrons is studied. It is shown that opening of a new channel accompanied with phonons leads to a line of critical points of two channel Kondo effects.

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



研究テーマ Research Subjects

1. 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
2. 振動する磁性イオンにおける近藤効果
Kondo effects of a vibrating magnetic ion
3. 量子ドットにおける近藤輸送現象
Kondo transport phenomena through quantum dots

高田研究室

Takada Group



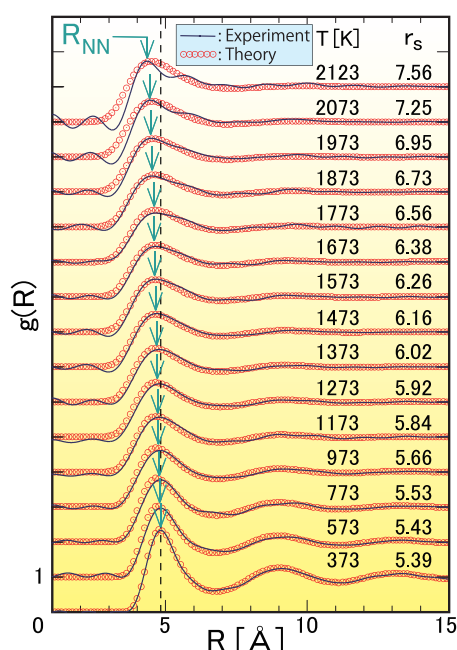
高田 康民
Yasutami TAKADA
教授
Professor



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、密度汎関数理論やグリーン関数法を主たる手段として、この原子核電子複合系の量子物性を第一原理から忠実に解明する研究を行っている。特に、超伝導転移温度の第一原理計算手法の確立とそれを駆使しての高温超伝導機構の提唱を目標としている。

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



超臨界液体金属 Rb におけるイオン相関関数 $g(R)$ のイオン間平均距離 r_s 依存性。 r_s の増大と共に最近接イオン間距離 R_{NN} は却って減少するという異常な実験結果は、低密度電子ガス系での強い交換相関効果を適切に考慮した理論でよく再現される。

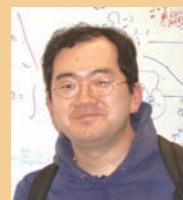
Dependence of the ion correlation function $g(R)$ on the mean inter-ionic distance r_s in the supercritical liquid metallic Rb. Theoretical calculations taking proper account of the strong exchange-correlation effect in the low-density electron gas reproduce the experiment very well, including the anomalous behavior that the nearest-neighbor interionic distance R_{NN} decreases as r_s increases.

研究テーマ Research Subjects

1. GWI法：ワード恒等式を常に満たす電子自己エネルギーの計算手法の開発とその現実物質への応用
GWI method: Development of the calculation method for the electron self-energy always satisfying the Ward identity and its application to actual materials
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. 超伝導転移温度の第一原理計算：密度汎関数超伝導理論での対相互作用汎関数の開発
First-principles calculation of the superconducting transition temperature: Proposal of a good functional form for the pairing interaction in the density functional theory for superconductors
4. ポーラロン・バイポーロン：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

押川研究室

Oshikawa Group



押川 正毅
Masaki OSHIKAWA
教授
Professor

量子多体系の理論を中心として研究を行っている。量子多体系と古典統計力学および場の理論の密接な関係を踏まえ、広範な系について成立する普遍的な概念を探求するとともに、実験結果の統一的な理解や新たな実験に対する予言も目標とする。たとえば、1+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の統一的な理解を目指している。

一方、複雑な系のふるまいに関する近年の研究の進展は、「秩序」と言う統計力学における基本概念についての再検討を促している。たとえば、局所的な秩序パラメータが存在しないトポロジカル秩序相を量子エンタングルメントによって同定する研究を行っている。このような研究により、量子情報理論や量子計算との境界領域の開拓も企図している。

これらの研究の多くは、国際共同研究として推進している。

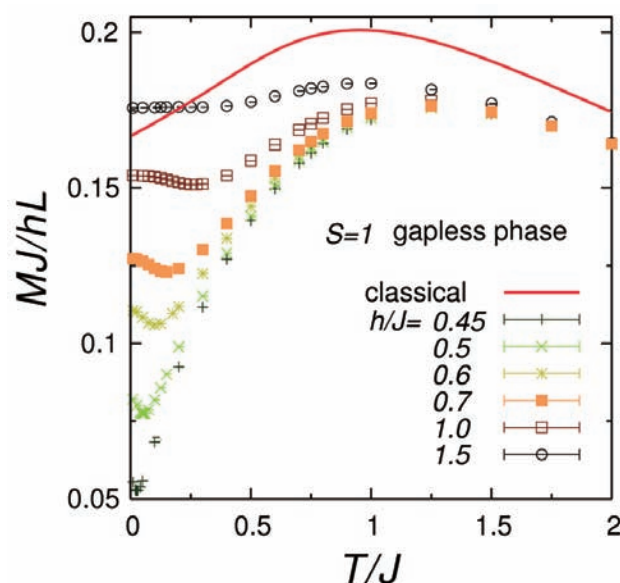
磁場中の $S=1$ ハルデン鎖における磁化の温度依存性。量子モンテカルロシミュレーションの結果は、古典論（実線）では見られない磁化の極小を示す。この極小は1次元スピンギャップ系に普遍的なものであることを理論的に明らかにした。

Temperature dependence of magnetization in $S=1$ Haldane chain under magnetic fields. Quantum Monte Carlo simulation demonstrates a magnetization minimum, which is absent in the classical theory (solid curve). We elucidated theoretically that the minimum is a universal feature in one-dimensional spin gap systems.

Our main focus is quantum many-body theory. Based on the close correspondence among quantum many-body systems, classical statistical systems and field theory, we pursue universal concepts in physics. At the same time, we aim to give a unified picture on experimental data and to make testable predictions. For example, we study perturbation to the free boson field theory in 1+1 dimensions systematically, in order to understand wide range of phenomena including field-induced gap, Electron Spin Resonance and quantum wires, in a unified manner.

Recent development in understanding complex systems motivates us to reexamine the fundamental concept of “order” in statistical physics. For example, we study characterization of topological phases, which has no local order parameters, in terms of quantum entanglement. With these studies, we also aim to develop an interdisciplinary field with quantum information theory and quantum computation.

Much of our research is carried out in international collaborations.



研究テーマ Research Subjects

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

常次研究室

Tsunetsugu Group



常次 宏一
Hirokazu TSUNETSUGU
教授
Professor



服部 一匡
Kazumasa HATTORI
助教
Research Associate

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

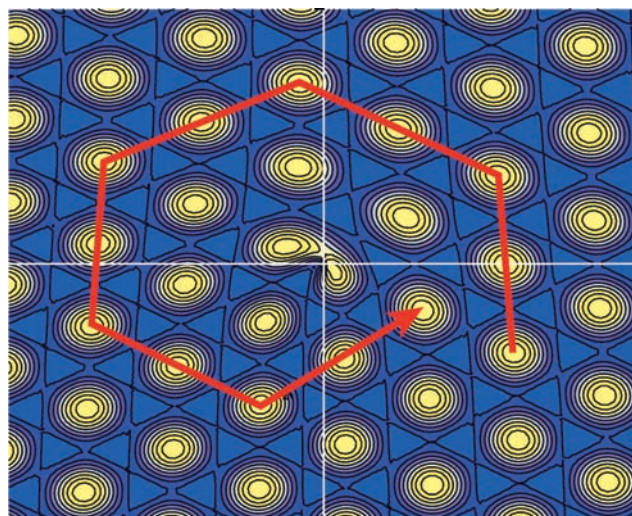
主に研究しているテーマは、フラストレーション系における新しいタイプの量子秩序や量子ゆらぎである。フラストレーション系に特有の、多くのモードのソフトな揺らぎが結合している場合における秩序と臨界現象の特徴、電子状態や輸送現象がどのような影響を受けるのかを調べている。また、超伝導クーパー対の振幅が空間的に変調する対密度波 (PDW) 状態と、位相欠陥として存在する分数磁束をもつ量子渦も研究している。

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 novel types of quantum order and quantum fluctuations in frustrated spin and strongly correlated electronic systems. In these systems, many soft modes of fluctuations are coupled, which is characteristic to frustrated systems, and this affects the nature of quantum phase transitions, as well as electronic states and transport properties. We also study the pair density wave (PDW) state, in which the Cooper-pair amplitude modulates in space, and fractional vortices in this order.

トリプル Q 構造をもつ PDW 状態におけるクーパー対密度の空間変化。黄色い部分が高密度部分。1/3 磁束渦に伴う転位が原点に存在。

Spatial profile of Cooper-pair density in the PDW state. Yellow parts represent high density regions. Dislocation exists at origin, associated with 1/3-fractional vortex.



研究テーマ Research Subjects

1. d 電子、 f 電子化合物など強相関電子系の電子状態
Electronic states of strongly correlated systems with d - or f -electrons
2. フラストレーション系の統計力学
Statistical physics of frustrated systems
3. 量子磁性体の新奇量子相の理論
Theory of novel phases in quantum magnets
4. 非調和格子振動と超伝導
Anharmonic lattice dynamics and superconductivity



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、磁場中グラフェンの示す量子ホール効果は、最近の代表的な例である。また、トポジカル絶縁体のように量子論特有のトポジカルな長距離相関により、ギャップレス表面状態のような新しい性質が現れる場合もある。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 interaction. A recent example is the quantum Hall effects on graphene. Also topological long-range correlations give rise to novel properties like gapless surface states in topological insulators. Traditional theoretical approaches based on the perturbation theory often fail to analyze these recently found phenomena. For example, the non-perturbative field theoretical approach succeeded in the study of the quantum Hall effects. Our purpose is to develop the non-perturbative method including field theories and the solution of the basic problems in physics mentioned above.

Honeycomb $t_a=1, t_b=1, t_c=1$

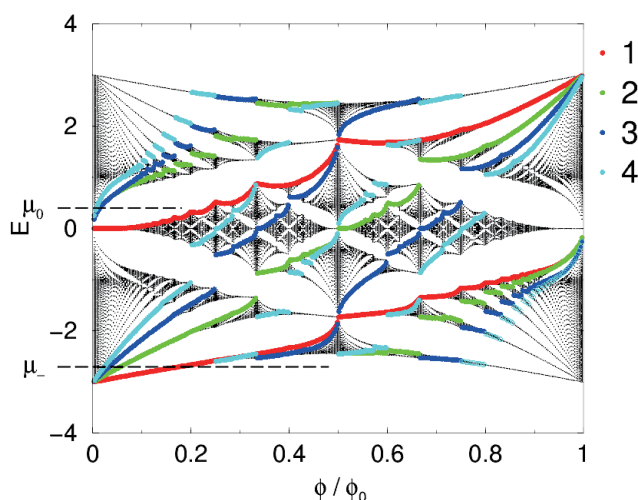


図1. ハニカム格子における磁束Φとエネルギーの関係。
図中の数字はHall伝導度を表す。
Fig. 1. Energy spectrum with a magnetic flux Φ in the honeycomb lattice

$t_a = t_b = 1, t_c = 1$

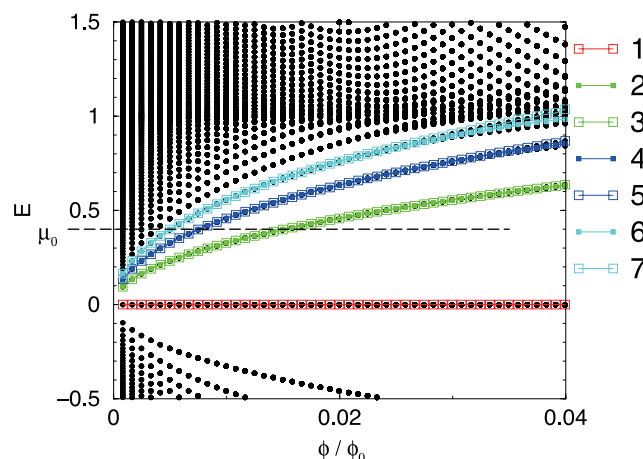


図2. 図1と同じもの。Φがゼロ付近を拡大している。
Fig. 2. The same as Fig.1 for $\Phi \sim 0$.

研究テーマ Research Subjects

1. グラフェンにおける量子ホール効果
Quantum Hall effects on graphene
2. トポジカル絶縁体
Topological insulator
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

杉野研究室

Sugino Group



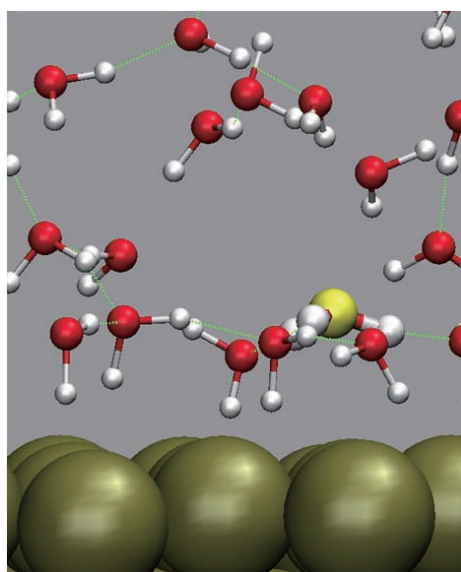
杉野 修
Osamu SUGINO
准教授
Associate Professor



野口 良史
Yoshifumi NOGUCHI
助教
Research Associate

物質を構成する原子核と電子が従う基本方程式を数值的に解くことにより、物性現象を解き明かす研究を行っている。数値的解法の開発により理論的アプローチを充実させることを重視し、それを用いて電子的に励起した物質の動的過程、電位差などにより引き起こされる非定常過程を研究している。

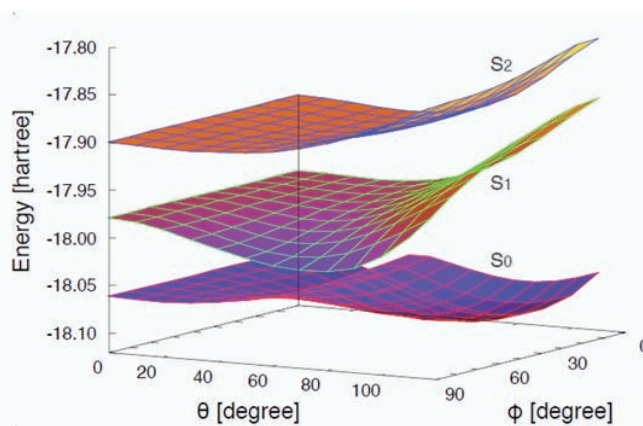
物質の無限の多様性を探るのに実験と数値計算を組み合わせた研究が広く行われるようになったが、基本方程式の極度の多自由度、非線形性ゆえに計算困難な対象が多数存在する。しかし、物性現象の的確なモデル化や計算手法の高度化を通じて最前線を拡大させることができる。特に、電子励起や電子移動に関連した手法には開発の余地が多い。この研究は、物理と化学の境界領域を開拓する上で重要であり、光・電気化学といった環境関連物質を深く理解するのに役立つ。



有効遮蔽法の開発とそれを用いて行った白金・水溶液界面での電極触媒反応。

Development of the effective screening medium method, which has enabled electrocatalytic reaction dynamics simulation at Pt/solution interface.

Main subject of our research is to elucidate physical and chemical phenomena occurring in condensed matters by numerically solving the basic equations for electrons and nuclei. Recent target is the dynamical process of materials electronically excited and the non-equilibrium process of electrically biased materials, as well as development of computational methods appropriate for these studies. The development of the method is particularly important in proceeding joint experimental and computational studies because computational approach is quite limited at present owing to very large degrees of freedom and nonlinearity of the basic equations. The frontier of the computational study, however, can be extended by improving the modeling and computational algorithms. It is especially the case for electronically excited states and charge transfer dynamics, and progress in that direction is important in deepen our understanding photo- and electro- chemical processes important for environmental materials study.



非断熱係数の計算手法の開発とそれを用いて行ったホルムアルジミンの光異性化反応過程。

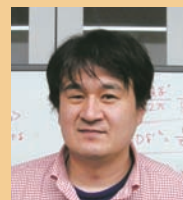
Development of the nonadiabatic couplings, which has enabled photoisomerization dynamics of a folmalimine molecule.

研究テーマ Research Subjects

1. 電極水溶液界面の構造と電極触媒反応の動的過程
Structure of the electrode/solution interface and electrocatalytic reaction dynamics
2. 有効遮蔽法の開発と電子移動過程および非線形光学応答の計算
Effective screening method and simulation of electron transfer and nonlinear optical processes
3. 多体摂動論に基づく第一原理計算手法の開発と電子励起状態計算
First-principles calculation of electronic excited state on the basis of many-body perturbation method

加藤研究室

Kato Group

加藤 岳生
Takeo KATO准教授
Associate Professor

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

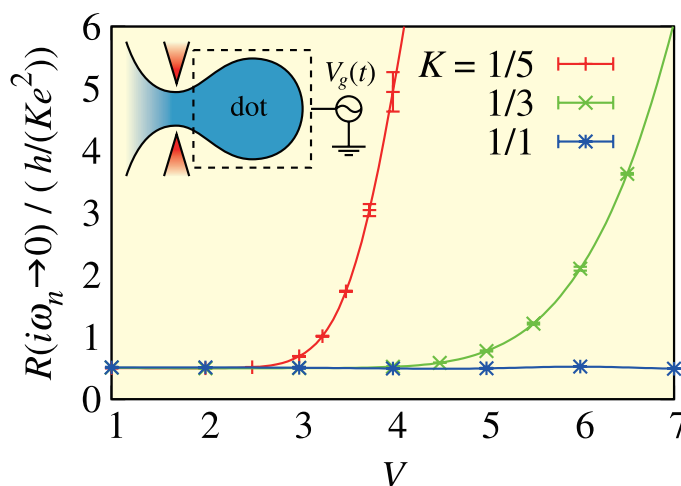
本研究室ではメゾスコピック分野以外にも、電子間相互作用が物質の伝導特性や誘電応答に及ぼす影響を幅広い手法で取り扱っている。最近では、分子性導体における電荷秩序や強誘電性、遷移金属酸化物の巨大リラクサー誘電応答の研究を行っている。

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 on quantum information, spintronics, and quantum optics has been intensively studied in small semiconductors/superconductors. We are engaging in construction of fundamental theory and development of new numerical method for understanding of various phenomena in this research field. We are especially focusing on strong electron correlation in mesoscopic objects.

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

量子モンテカルロ法によって得られた量子ドットの動的抵抗の値。横軸は量子ドットと電極の間のポテンシャル障壁 V 。障壁が小さい間はユニバーサルな動的抵抗 $h/K_F e^2$ の値をとるが、ある値を超えると急激に増大する (K_F は電子間相互作用の強さを表す指数)。これは絶対零度における量子相転移現象として理解できる。

Dynamic resistance in quantum dot obtained by quantum Monte Carlo method. The horizontal axis indicates potential barrier between a dot and a lead. It takes a universal value $h/K_F e^2$ for small V (K_F is the Luttinger parameter), while it diverges for large V . This observation can be interpreted by zero-temperature quantum phase transition.



研究テーマ Research Subjects

1. メゾスコピック系における輸送特性
Transport properties in mesoscopic systems
2. 電子間相互作用の強い低次元導体の理論
Theory of electron-electron interaction in quantum dots and wires
3. 分子性導体の相転移現象と輸送特性
Phase transition and transport properties in organic conductors
4. 多体電子系の数値計算手法開発
Development of numerical algorithms for interacting electron systems

カザリラ研究室

Cazalilla Group



カザリラ ミグエル
Miguel Cazalilla
外国人客員教授
Visiting Professor

当研究室の主要な研究テーマは、相関の強い多体系である。特に、極低温原子系や、電子系および液体ヘリウムに現れる新奇な相の解明と予言に関心がある。近年、極低温原子系は、さまざまに操作可能であることから多大な興味を集めている。一方、極低温原子系は、物性物理に対していくつもの新しい問題を提起している。たとえば、そのメソスコピックな特性や、孤立性が高いため長時間量子コヒーレンスが保たれることから、有限サイズ効果や、低次元系における熱平衡化の欠如に対応した非平衡現象を考察する必要がある。極低温原子系の研究によって得られたいくつかの知見は、より伝統的な電子系や液体ヘリウム系の理解にも有用であり、逆もまた真である。たとえば、メソスコピックな電子系では外部環境との強い結合が必然的に生じるため、量子力学的な散逸の物理が鍵となる。同じ物理は光学格子中での混合極低温原子系の理解にも重要である。

The physics of strongly correlated many-body systems is the main focus of our research. We are especially interested in investigating and predicting novel phases of matter in ultracold atom systems as well as other kinds of systems such as electron and helium liquids.

In recent years, ultracold atoms have attracted much of our attention because of the large tunability of their properties. However, they also present new opportunities and challenges for hard-condensed matter physics, such like their mesoscopic character and the fact they are largely isolated systems (which allows them to remain quantum coherent for much longer times). These properties have led us to consider finite-size effects and non-equilibrium phenomena related to the lack of proper thermalization in low-dimensional versions of these systems.

Some of the insights gained by studying cold atomic systems can be also useful to understand more conventional electron and liquid helium systems, and vice versa. For example, the physics of quantum dissipation that is relevant for mesoscopic systems of electrons, which are unavoidably strongly coupled to their environment, is also relevant to understand the properties of mixtures of ultracold atoms in optical lattices.

ビニャーレ研究室

Vignale Group



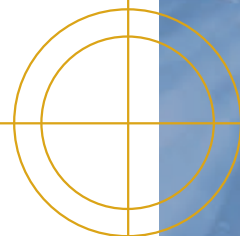
ビニャーレ ジョバンニ
Giovanni VIGNALE
外国人客員教授
Visiting Professor

我々は物性理論の中で多体問題の形式論から電子素子やスピントロニクス素子に至るまでの広範囲の問題を研究している。研究課題を挙げれば、(1) ナノサイズの導体における電荷やスピンの輸送問題を対象とする時間依存電流密度汎関数理論、(2) 量子多体系における連続体力学、(3) 冷却原子ガスやグラフェンにおける集団効果、(4) スピンホール効果やスピנקローンドラッグ効果とそれらのスピントロニクスへの応用を含めたスピン軌道相互作用の強い物質における多体効果、(5) 磁気、有機、酸化物複合構造体や素子における電流スピン動力学などである。物性研では高田研究室と協力して、課題(4)の一環として電子的空間2重層における集団モードとその基底状態の性質を調べ、擬スピン波状態の存在と非フェルミ流体相の証拠となるギャップのある擬スピン波モードの発生を予言した。

Our research covers a broad range of topics in condensed matter theory, ranging from formal many-body theory to electronic and spintronic devices. Research projects include: (1) Time-dependent current-density functional theory of charge and spin transport in nanoscale conductors, (2) Continuum mechanics of quantum many-body systems, (3) Collective effects in cold atomic gases and graphene, (4) Many-body effects in spin-orbit coupled materials – including spin Hall effect, spin Coulomb drag, and their application to spintronics, and (5) Current and spin dynamics in hybrid magnetic, organic, and oxide structures and devices. At ISSP, collaborated with the group of Prof. Yasutami Takada, we have studied the collective modes and the nature of the ground state of an electronic double-layer as a part of the project (4), predicting the occurrence of a pseudo-spin density wave, which might indeed give rise to a gapped pseudo-spin mode as an indication of the existence of a non-Fermi liquid phase.

ナノスケール物性研究部門

Division of Nanoscale Science



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

研究活動として、

- ・半導体・金属・超伝導体・磁性体などの微細構造およびそれらの複合微細構造において展開される低温量子輸送の研究、
 - ・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 | 赤木 和人 Kazuto AKAGI |

| | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| 助教 Research Associate | 遠藤 彰 Akira ENDO |
| 助教 Research Associate | 中辻 寛 Kan NAKATSUJI |
| 助教 Research Associate | 吉本 真也 Shinya YOSHIMOTO |
| 助教 Research Associate | 高橋 竜太 Ryota TAKAHASHI |
| 助教 Research Associate | 新見 康洋 Yasuhiro NIIMI |
| 技術専門職員 Technical Associate | 向井 孝三 Kozo MUKAI |
| 技術専門職員 Technical Associate | 飯盛 拓嗣 Takushi IIMORI |
| 技術専門職員 Technical Associate | 橋本 義昭 Yoshiaki HASHIMOTO |
| 技術専門職員 Technical Associate | 浜田 雅之 Masayuki HAMADA |



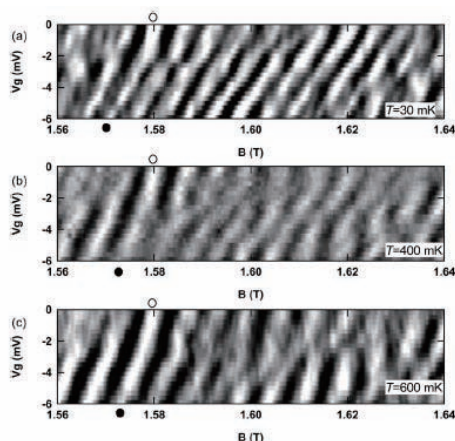
家 泰弘
Yasuhiro IYE
教授
Professor



遠藤 彰
Akira ENDO
助教
Research Associate

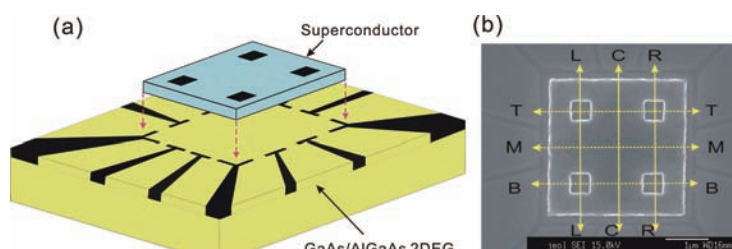
人工メゾスコピック構造中の低次元電子系の低温・磁場下における量子輸送現象の研究を行っている。GaAs/AlGaAs 半導体界面 2 次元電子系に周期ポテンシャルを付加した系における、オープン軌道幾何学共鳴による磁気抵抗振動の総合的理解に到達した。アンチドット系におけるアハロノフ・ボーム振動の解析から量子ホールエッジ状態の遮蔽ポテンシャルおよびその温度変化の定量的な評価を行なった。格子温度を一様に保ったまま電子温度のみに勾配をつける手法を開発し、量子ホール状態の熱起電力の測定を行った。非平衡エッジ状態間遷移に伴う核スピンの緩和と制御を追究した。メゾスコピック超伝導体の磁束状態を、空間分解能をもちつつ非侵襲的に観測するための多チャンネル微小ホール素子を開発した。

The principal research subject of our group is the quantum transport of low-dimensional electron systems in artificial mesoscopic structures at low temperatures and in magnetic fields. A comprehensive picture is attained of the open-orbit geometrical resonance effect in magnetotransport of GaAs/AlGaAs two-dimensional electron systems subjected to periodic potential modulations. Quantitative evaluation of the self-consistently screened potential profile and its temperature dependence, of the compressible edge states around an antidot in the quantum Hall regime is obtained from the analyses of the Aharonov-Bohm oscillations. The Seebeck effect in the quantum Hall regime is studied by a new technique to establish a gradient in the electron temperature while keeping the lattice temperature uniform. The relaxation and control of nuclear spins associated with the non-equilibrium inter-edge-channel transport are explored. A multi-probe micro-Hall device has been developed for a non-invasive observation of the vortex states in a mesoscopic superconductor with spatial resolution.



量子ホール領域のアンチドット系におけるアハロノフ・ボーム振動。3つの図は異なる温度のデータを示す。

The Aharonov-Bohm oscillations in an antidot in the quantum Hall regime. Three panels show data at different temperatures.



(a) マイクロホール素子と微小超伝導体試料の概念図。(b) 試料の走査電子顕微鏡写真。

(a) Schematic drawing of the multi-probe micro-Hall device. The mesoscopic superconducting sample to be studied is placed on top. (b) SEM image of the sample.

研究テーマ Research Subjects

1. 空間変調構造下の 2 次元電子系の量子輸送現象
Quantum transport in 2DEG systems under artificial potential modulation
2. 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
3. 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
4. メゾスコピック超伝導体における渦糸系のふるまい
Vortices in mesoscopic superconductors

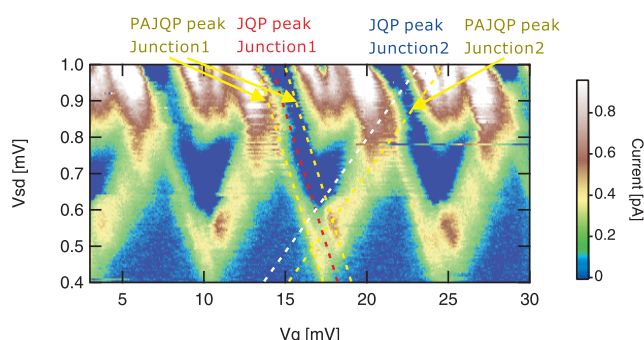
勝本研究室

Katsumoto Group



勝本 信吾
Shingo KATSUMOTO
教授
Professor

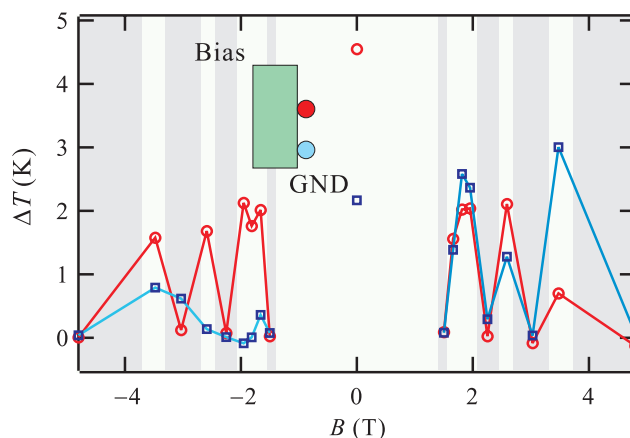
超格子、ヘテロ接合、量子細線、量子ドットなどの半導体量子構造、微小超伝導体・磁性体に現れる量子現象、量子多体効果の研究を行っている。具体的には微小ジョセフソン接合やマイクロ波共鳴器構造を使つての多体効果としての量子デコヒーレンス現象の解明、近藤効果や分数量子ホール効果などの多体効果が量子ドット、量子細線などのコヒーレント伝導にどのように現れるか、逆に量子コヒーレンス回路を経由することで多体効果にどのような影響が生ずるか、などに興味を持ち、研究を進めている。また、これらの現象のデバイス応用にも関心があり、微小磁性半導体構造の量子効果、単電子帯電効果、超伝導を駆使したスピンエレクトロニクス、超構造の量子効果を使った高効率光電変換素子の研究も進めている。



超伝導単電子トランジスタの高周波応答。高周波に振幅変調を加え、応答をゲート電圧、ソースドレイン電圧に対してプロットした。光子補助トンネル (PAJQP) によるピークが観察され、その解析がデコヒーレンス機構の解明につながる。

Response to amplitude modulation of microwave irradiation to a superconducting ultra-small Josephson junction as a function of the gate voltage and the source-drain voltage. Analysis of photon assisted Josephson-quasiparticle tunneling sheds light on quantum decoherence.

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 in close collaboration with Iye group.



横結合型量子ドットで測定した2次元電子系の局所電子温度。グレー背景の部分が量子ホール領域で、無散逸伝導に伴い温度が下がっていることがわかる。

Local electron temperature of a two-dimensional quantum measured by side-coupled quantum dots. Gray backgrounds indicate quantum Hall regions, in which electron temperature goes down due to dissipationless currents.

研究テーマ Research Subjects

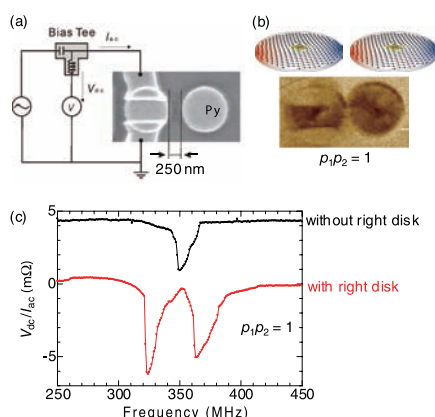
1. 量子ドット、量子細線のコヒーレント伝導
Coherent transport in quantum dot - quantum wire systems
2. 量子ドットスピンやメゾスコピック超伝導を用いた量子情報素子
Quantum information processing with electron spins in quantum dots, mesoscopic superconductors, etc.
3. 希薄磁性半導体を用いた単電子回路、スピン注入
Diluted magnetic semiconductors and their applications to single-electron 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新見 康洋
Yasuhiro NIIMI助教
Research Associate

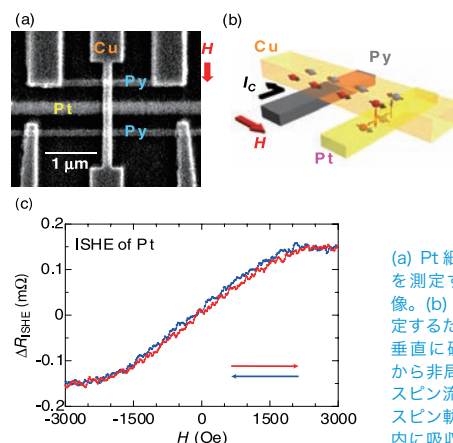
ナノスケールの微小磁性体中には、その形状やサイズを反映した磁区構造が形成される。例えば磁気円盤中に生成する磁気渦はその中心に極性と旋回という2つの自由度をもち、それらを2次元配列させた「磁気人工格子（マグノンニック結晶）」を設計・作製することにより次世代磁気記憶・演算素子として発展が期待される。我々はこれらナノスケール磁性体を作製し、その静的及び動的な基礎磁気物性を実験的に調べている。また、ナノスケール磁性体を利用して、電荷の流れを伴わない「純スピン流」と呼ばれるスピン角運動量のみの流れを作り出すことができる。この純スピン流を非磁性体金属や超伝導体に注入することで、スピホール効果、スピン注入磁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



(a) スピンダイナミクスを測定するために作製されたPy(Ni₈₁Fe₁₉) 磁気渦円盤の走査電子顕微鏡 (SEM) 像と測定回路図。(b) 同じ極性をもつ2つのPy円盤の磁気力顕微鏡 (MFM) 像とその概念図。(c) 右側のPy円盤があるときとないときで測定された異方性磁気抵抗 (AMR) の周波数依存性。右側にPy円盤を加えることで、ピークが2つに分裂している。

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

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



(a) Pt細線のスピホール効果を測定するための素子のSEM像。(b) スピホール効果を測定するための回路図。Py細線に垂直に磁場を印加し、Py細線から非局所に電流を流すと、純スピン流のみがCu細線流れ、スピン軌道相互作用の大きなPt内に吸収され、スピホール電

圧として電的に検出できる。(c) 実際に温度 10 K で測定された逆スピホール抵抗。図中赤線と青線は、磁場を掃引する向きを示している。

(a) SEM image of Spin Hall device prepared for measuring spin Hall effect (SHE) in Pt nano-wire. (b) Schematic drawing of Spin Hall device. When the electric current is injected non-locally from the Py to Cu wires as in (b), only pure spin current is induced in the Cu wire and absorbed into the Pt wire because of its large spin-orbit interaction. As a result, one can detect the SHE as a voltage. (c) Inverse SHE measured at 10 K. The red and blue arrows show the directions of the sweeping magnetic field.

研究テーマ Research Subjects

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

小森研究室

Komori Group

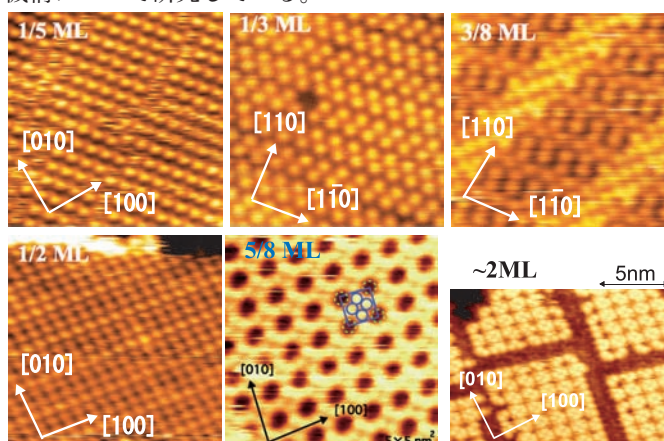


小森 文夫
Fumio KOMORI
教授
Professor



中辻 寛
Kan NAKATSUJI
助教
Research Associate

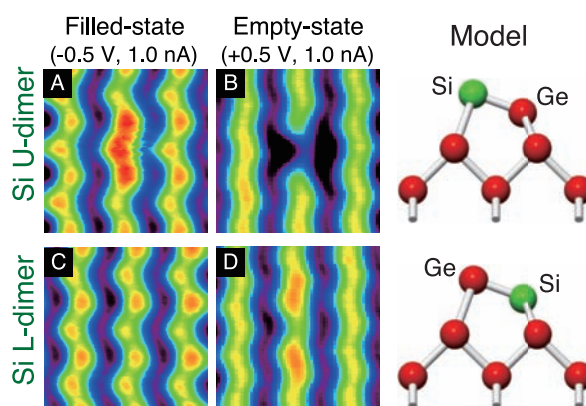
固体表面に形成されるナノスケール物質の電気的磁気的性質を明らかにすることを目標に、超高真空中で走査トンネル顕微鏡 (STM)、光電子分光、磁気カー効果 (MOKE)・第二高調波発生 (SHG) 測定を用いて研究を行っている。STM を用いたトンネル分光では局所的な電子状態、角度分解光電子分光ではフェルミエネルギー以下の電子状態、MOKE/SHG 測定では磁性を調べている。また、ナノスケール化合物の研究において重要な試料生成機構に関して、原子スケールの動的過程を調べている。表面では、トンネル電子やレーザー光によって励起された電子系のエネルギーが格子系へ緩和する過程を用いて、新奇な物質を作成するこ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



Cu(001) 表面上に作成した様々な SnCu 表面合金の STM 像。スズの平均密度は表面銅原子密度 (ML) で規格化した。スズ密度が小さいうちは、スズ原子は銅原子とランダムに置換し、1/5ML になると、狭い領域で周期的に配列する。さらに、スズ密度が大きくなるにつれて、まず異なる超構造 (1/3ML) が現れ、その後、表面銅原子が欠損したいくつかの超構造 (3/8ML, 1/2ML, 5/8ML) が観察される。スズ密度が 2ML 程度になると、表面はスズ 2 重層に覆われ、周期超構造ができる。

Topographic images of ultrathin Sn-Cu alloys on the Cu(001) substrate. The average tin density, which is normalized by the surface Cu density (= 1ML), is given in each image. The tin atoms are incorporated in the surface, and narrow ordered areas are formed around 1/5 ML. With increasing the tin density, another superstructure appears at 1/3 ML, and superstructures with Cu defects at the surface layer are observed. (3/8ML, 1/2ML, 5/8ML) Further increase of tin density results in a new surface superstructure with tin bilayer at the surface.

Electronic and magnetic properties of alloys, compounds and other materials with nanometer-scale structure at solid surfaces are studied using scanning tunneling microscopy/spectroscopy (STM/STS), photoelectron spectroscopy and magneto-optical Kerr-rotation/second harmonic generation measurement in an ultra high vacuum. Band structures of the surface states and the chemical bonds are studied by photoelectron spectroscopy using ultraviolet 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. The local structure can be manipulated through electron-lattice interaction using electronic excitation induced by tunneling electrons. The surface electron scattering at an impurity atom is investigated by observing the standing wave in an atomic scale.



二種類 (U,L) のシリコン (Si) -ゲルマニウム (Ge) ダイマーを含む Ge(001) 表面の凹凸 (A-D) 像。試料バイアス電圧は ± 0.5 V。正バイアスでは共に低く観測されるが、負バイアスでは、U ダイマーだけ高く観測された。理論計算結果との比較により、右側モデル図に示したように、Si 原子は U(L) ダイマーの上 (下) 側にあることがわかった。

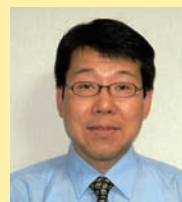
Topographic (A-D) STM images of Si U- and L-dimers on the Ge(001) surface at 80 K for two sample-bias voltages ± 0.5 V. At +0.5 V, the both dimers are imaged lower than the pure Ge dimer while at -0.5 V, Si U(L)-dimer is higher than (has the same apparent height as) the pure Ge dimer. We identified the both dimers by comparing these STM images with the local electronic states obtained by theoretical calculations for their optimized atomic structures. The corresponding schematic models for the dimers are given in the right column.

研究テーマ Research Subjects

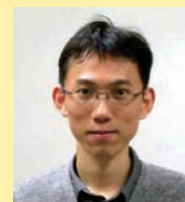
1. 表面ナノ構造物質の電子状態、伝導および磁性
Electronic states, conduction and magnetism of nano-structured materials
2. トンネル電子やレーザー光励起による表面動的現象
Surface dynamical phenomena induced by electron tunneling and photo-excitation
3. 表面ナノ構造物質の形成過程
Formation processes of nano-structured materials at surfaces

吉信研究室

Yoshinobu Group



吉信 淳
Jun YOSHINOBU
教授
Professor

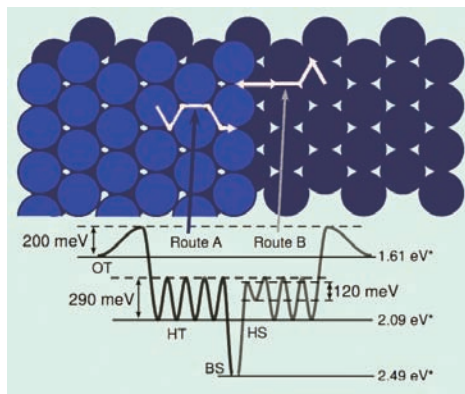


吉本 真也
Shinya YOSHIMOTO
助教
Research Associate

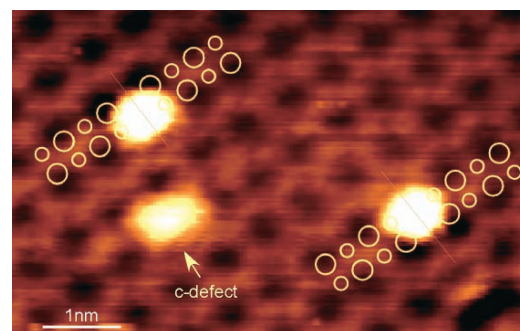
表面界面の特徴の一つは、バルクの対称性が破れ表面特有の構造や物性が現れることだけではない。外部から原子・分子を自在に表面に供給し、新しい物質を構築できる「反応場」として利用できることが特徴である。最近では、原子・分子レベルで制御されたナノマテリアル（例えば、サイズの整ったクラスター、異方性の強い低次元化合物、配向の特定された分子凝集系など）や、ナノスケールで人工デバイス構造を作製することも可能になってきた。原子スケールで反応を制御するためには、表面における物質移動や反応などを理解することが不可欠である。表面ダイナミクスの研究は、触媒反応・半導体プロセス・分子エレクトロニクスと密接に関連しており、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

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

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



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



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=固体表面ハイブリッド系の構築と表面電子物性
Organic molecules on solid 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

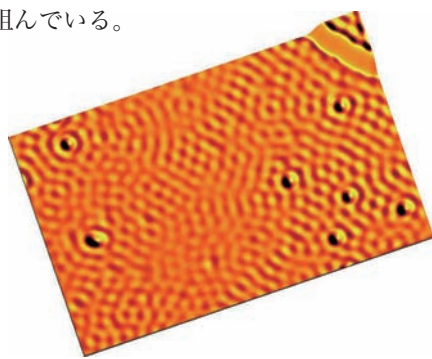


長谷川 幸雄
Yukio HASEGAWA
准教授
Associate Professor

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

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

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



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

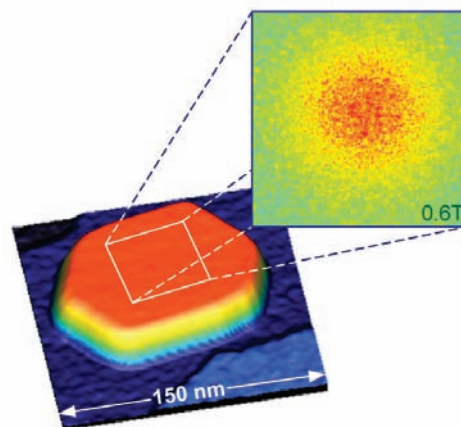
An STM image of Cu(111) surface. Electron standing waves, which are formed as a result of scattering and interference of surface electronic states by steps and surface defects, are observed. The wave length of the oscillatory structure is 1.4 nm.

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

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

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

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



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

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

研究テーマ Research Subjects

1. 低温 STM による電子定在波・フリーデル振動など表面電子状態の研究
Low temperature STM on surface electronic properties by observation of electron standing waves and the Friedel oscillation
2. STM によるナノサイズ粒子の超伝導特性に関する研究
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. 放射光励起 STM によるナノスケール元素分析・化学分析
Elemental / chemical analysis in nanometer scale using synchrotron-radiation assisted STM

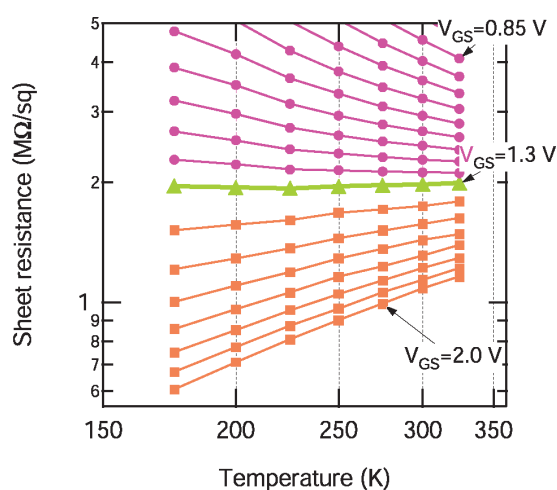
リップマー研究室

Lippmaa Group

リップマー ミック
Mikk LIPPMAN准教授
Associate Professor高橋 竜太
Ryota TAKAHASHI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の基底状態を示す。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の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。

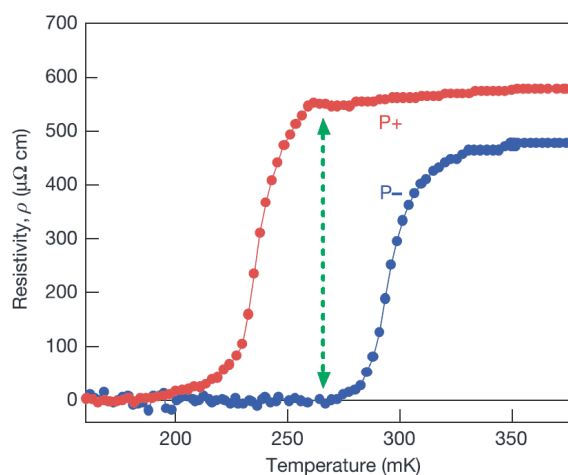


SrTiO₃ 電界効果トランジスタにおけるシート抵抗の温度、ゲート電圧依存性。1.3 V の臨界ゲート電圧を境に絶縁相から金属相へ転移する。この時の SrTiO₃ / 絶縁体界面でのシートキャリア密度は $2 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ である。

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

赤木研究室

Akagi Group



赤木 和人
Kazuto AKAGI
客員准教授
Visiting Associate Professor

水の凝集相では1本あたり0.25 eV程度の強さで水分子同士をつなぐ水素結合がネットワーク状に発達している。固液界面や溶質分子・溶質イオン近傍ではこの水素結合ネットワークが環境に応じて多様な構造やダイナミクスを示すとされ、その微視的解明が潤滑や電極反応といった物理化学現象の理解に重要な手がかりをもたらすと期待される。

我々は第一原理計算と古典分子力場法を組み合わせ、半導体や金属酸化物、あるいはそれらを化学修飾した表面における水や電解質水溶液の振る舞いを調べ、液中の走査プローブ顕微鏡 (AFM や STM など) での測定環境における探針の存在の影響の評価、界面近傍の電気二重層の空間構造と特徴的な時定数の抽出、固液界面や溶質分子・溶質イオン近傍でのプロトン移動現象と水素結合ネットワークの構造との関係などを明かにする研究を進めている。

Hydrogen bond is binding water molecules each other and makes three-dimensional network in a condensed phase of water. Such a network shows various kinds of structures and dynamics depending on its environment at solid-liquid interfacial regions and around solute molecules/ions. I consider elucidation of its microscopic picture is leading to understanding of many physical or chemical phenomena such as lubrication and electro-chemical reaction.

I am investigating the behaviors of liquid water (or aqueous solutions) on semiconductor or metal oxide surfaces based on combination of first-principles molecular dynamics calculations and classical molecular mechanics. Evaluation of tip effect of in situ scanning probe microscopes such as STM and AFM, elucidation of spacial structure and typical time constant of electric double-layers at various interfacial regions, and studies on relations between proton transfer phenomena and structures of hydrogen bond network at interfacial regions or around solute molecules/ions are examples of our targets.

極限環境物性研究部門

Division of Physics in Extreme Conditions

物質を超低温、超高圧、強磁場、などの極限環境におくと、通常の状態とはまったく異なる性質を示すようになる。超低温における超流動や超伝導現象、超高圧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圧、数10マイクロケルビンにおよぶ超低温、毎秒2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、それらの下で多くの新しい現象を見出してきた。現在、これまで蓄積された技術をさらに発展させ、極限的な領域での物性を開拓するとともに、これらの極限環境と超伝導磁石による定常強磁場を組み合わせた多重極限環境での新しい物性研究を行っている。主な研究対象としては、

- 1) 超低温・強磁場下の低次元量子流体・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 10 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, the vortex state and the supersolid state in hcp solid ^4He .
- 3) Low dimensional or mesoscopic systems such as organic conductors 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・高圧）
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 tem-
perature, high magnetic field and
high pressure.

教授*
Professor

八木 健彦
Takehiko YAGI

助教
Research Associate

柄木 良友
Yoshitomo KARAKI

教授*
Professor

榊原 俊郎
Toshiro SAKAKIBARA

助教
Research Associate

鴻池 貴子
Takako KONOIKE

准教授
Associate Professor

久保田 実
Minoru KUBOTA

助教
Research Associate

松林 和幸
Kazuyuki MATSUBAYASHI

准教授
Associate Professor

長田 俊人
Toshihito OSADA

技術専門職員
Technical Associate

内田 和人
Kazuhiro UCHIDA

准教授
Associate Professor

上床 美也
Yoshiya UWATOKO

技術専門職員
Technical Associate

中澤 和子
Kazuko NAKAZAWA

教授（客員）
Visiting Professor

名嘉 節
Takashi NAKA

技術職員
Technical Associate

宗像 孝司
Kouji MUNAKATA

教授（外国人客員）
Visiting Professor

ロガッキー クリストフ
Krzysztof ROGACKI

教授（外国人客員）
Visiting Professor

アブド-エルメグイダ モーセン
Mohsen ABD-ELMEGUID

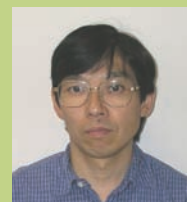
* 新物質科学研究部門と併任 / concurrent with Division of New Materials Science

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

超低温基礎研究：固体 ^4He の量子渦液体状態とそこから超流動固体への転移及び渦糸侵入観測

強い長距離相関を持った系が関心を集めているが、その最たるものが固体ヘリウムである。超流動現象は、今から百年前 1911 年に見出された水銀の超伝導に始まり、1908 年に初めて液化された He の超流動が、多くの人に認識されたのは 1938 年とされるが、今や、希薄な気体 (BEC)、量子液体ばかりでなく、固体ヘリウム等の強い相関を持った量子固体においても現実の現象として観測されている。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。1960 年代から理論的にその可能性が議論されて来たが、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ヘリウム 4 中の量子渦液体状態を見出し、また、そこから巨視的な相関を持った本当の固体超流動状態への相転移を他に先駆けて観測し、量子渦糸侵入の観測を行なっている。これら超流動現象の基礎研究には、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世界に例のない超低温回転冷凍機を用いている。共同研究は国内外グループを巻き込んでいる。他にも超低温特有な現象を発見、解明に取り組んでいる。

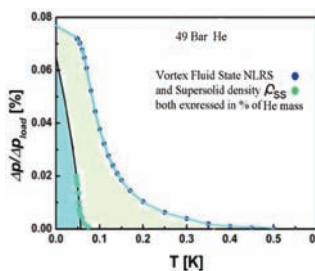


Fig.1. 非線形回転感受率 NLRs 及び超流動固体密度 ρ_{ss} の提案：全 He 質量の%で表したものを温度の関数としてプロットした。 ρ_{ss} は、NLRs の履歴ループでの最大変化量として提案した。後者の絶対値から位相揺らぎの大きさである Josephson の長さ $\xi(T)$ を求めた。これ迄の多孔質中 He 薄膜から出来る 3D 超流動の研究から $T=0$ K の ξ の振舞から超流動固体の $T=0$ K の渦径 a_0 を見積もった。これから導かれる臨界速度 $h/(m_4\pi a_0) \sim 10$ mm/s が独立な実験から得られるものと一致した。

Fig.1. Proposed NLRs and Supersolid Density ρ_{ss} in % of the total He mass as a function of temperature T . ρ_{ss} is derived from the maximum of $\Delta\text{NLRs}_{\text{hys}}$. From this assumption we evaluated the vortex core diameter a_0 at $T=0$ K. We could estimate a critical velocity $h/(m_4\pi a_0) \sim 10$ mm/s, which coincides with an independent measurement.

Kubota group at ISSP conducts fundamental studies on Physics at Ultra low temperatures(ULT). Study of superfluidity (SF) and Quantized vortex science under rotation up to the world highest speed below 1K is one of the major topics studied. Superfluidity and vortex state of matter are now found in dilute gases (Bose Einstein Condensation, BEC), in Quantum gases, liquids, and also in a Quantum solid, solid ^4He , one of the most strongly correlated systems. Superfluidity is a Quantum phenomenon of macroscopic scales. The phenomenon of Non Classical Rotational Inertia (NCRI), where some mass portion of the matter does not rotate with its rotating container, has long been thought to be peculiar to superfluid states of certain liquids and gases(BEC/BCS), but recently it is observed also in bulk solid ^4He . Solid crystals have regular lattice ordering in real space. In addition superfluidity has an order in the momentum space simultaneously. Actually Kubota group has discovered quantum vortex states in solid ^4He . We found a vortex fluid state and discovered its transition to a real 3D supersolid state in solid ^4He . We found evidence of vortex lines under rotation as well. The group cooperates with many groups of national and international teams for these activities.

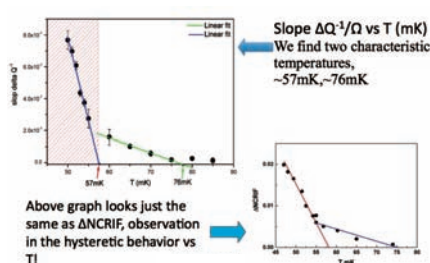


Fig.1 で提案された超流動固体状態は、DC 回転の下で渦糸を回転数に比例して侵入させる事が期待される。これを回転速度 Ω に比例する散逸量の変化として実験的に初めて $T < T_c \sim 75$ mK で示した。この散逸変化は、上記提案の超流動固体密度の温度変化と同じ変化をする事が確かめられた。

The supersolid state proposed in Fig. 1 is expected to be macroscopically coherent and admit vortex lines through the sample. We have observed vortex lines penetration in proportion to the DC velocity Ω as energy dissipation just at $T < T_c \sim 75$ mK. The energy dissipation is found to show exactly the same temperature dependence of the supersolid density ρ_{ss} as expected.

研究テーマ Research Subjects

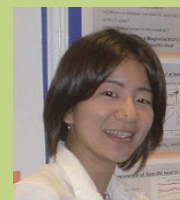
1. 固体ヘリウム 4 の超流動固体と量子渦状態の基礎研究
Quantized vortex state in solid ^4He and transition from vortex fluid to 3D supersolid state
2. 超流動、超伝導と量子渦及び織目構造科学の基礎研究
Fundamental study of superfluidity, superconductivity and quantized vortices and textures
3. 新しい超流動と量子現象の探索と解明
Search for new superfluids and quantum phenomena
4. 超低温特有の現象の研究：原子核と電子の複合磁性、理想的低次元系の基礎研究
Unique phenomena at ultra low temperatures: Nuclear - electron cooperative phenomena, Magnetism of dual features, low D systems study: ^3He , ^4He monolayers

長田研究室

Osada Group

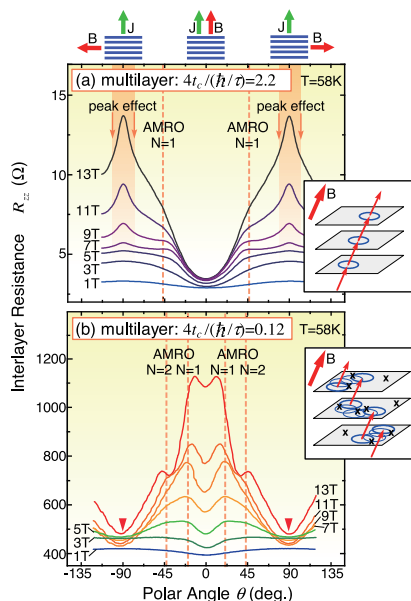


長田 俊人
Toshihito OSADA
准教授
Associate Professor



鴻池 貴子
Takako KONOIKE
助教
Research Associate

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

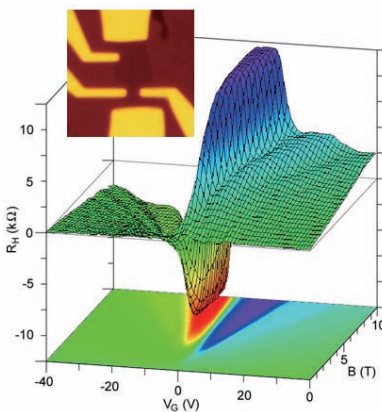


半導体超格子の層間磁気抵抗の磁場方位依存性。(a) コヒーレントな層間結合を持つ場合（層間トンネル頻度が散乱頻度より高い場合）。(b) インコヒーレントな層間結合を持つ場合。層状物質の層間磁気抵抗の角度依存性の違いを層間コヒーレンスに関連付けた実験である。

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.

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, and many-body effects relating to singularity of band structure and commensurability among electron orbital motions, vortex (magnetic flux) configuration, and spatial structures (topology). Our targets are low-dimensional conducting crystals such as graphene (monolayer graphite) and organic conductors (TMTSF or BEDT-TTF families), and artificial semiconductor/superconductor micro-structures fabricated by advanced processing techniques like MBE or EB. We flexibly explore new transport phenomena and electronic states by electric, magnetic, and thermal measurements using precise field rotation, miniature pulse magnet, MEMS probes, etc. under magnetic fields and low temperatures. Recently, we have concentrated our studies on quantum transport of relativistic Dirac electrons in graphene and organic conductors.

グラフェン（単原子層グラファイト）の半整数量子ホール効果。ホール抵抗をゲート電圧（電子密度）と磁場の関数として表した図で、ホール抵抗が $h/(4n+2)e^2$ の高さの平坦部を持つことがわかる。写真は測定したグラフェンFET素子。中央の濃い部分が単層グラフェンで、基板自体がゲート電極として働く。



The half-integer quantum Hall effect in graphene (monolayer graphite). Hall resistance is plotted as a function of gate voltage (electron density) and magnetic field. Hall resistance shows plateaus with the height of $h/(4n+2)e^2$. Inset is the micrograph image of the measured graphene FET device. The dark part in the center is monolayer graphene, and the substrate works as a gate electrode.

研究テーマ Research Subjects

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

上床研究室

Uwatoko Group



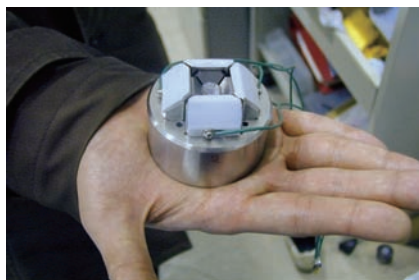
上床 美也
Yoshiya UWATOKO
准教授
Associate Professor



松林 和幸
Kazuyuki MATSUBAYASHI
助教
Research Associate

高圧下物性測定は、これまで見いだされている物性研究における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の一つである。特に、強相関電子系物質を研究している研究者を中心とした物性研究に於いては、極低温および強磁場に超高圧力を組み合わせた多重極限環境は、物性研究をする上での多くの情報をもたらす最良の環境であると思われる。しかし、物性研究に求められる、“精密さ”を満足した多重極限作り出すことは、極めて困難であり、特に、超高圧力発生技術の遅れがその足枷となっている。

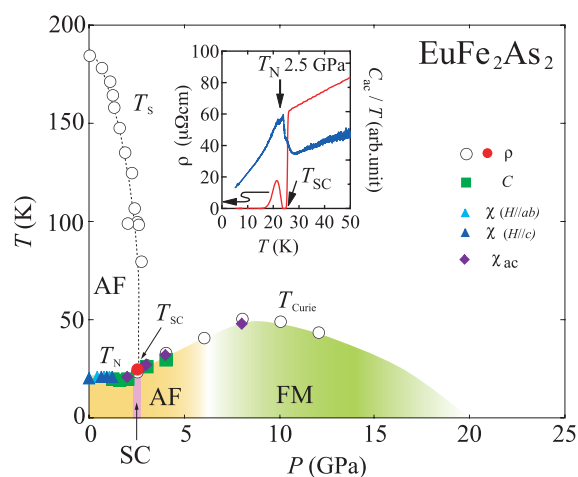
当研究室では、超高圧力技術の開発そのものに挑戦的取り組み、低温や高磁場と同様な手軽さで、高精度の超高圧を発生することを目指し、極低温および定常強磁場を駆使した極限環境下での物性研究を進めている。結晶固体には格子の振動の自由度と、電子の電荷、スピン、軌道という基本的な自由度があり、強相関電子系物質ではこれらが複雑に絡み合いながら種々の相互作用が競合している。極低温、超高圧力で、物質はどのような性質を示すのか？ また、その出現機構はどうなっているのか？ 圧力下比熱、電気抵抗、磁化、x線回折、中性子回折などの測定を通して下記の研究テーマを進めている。また、物性研究所の役割の一つである共同利用も活発に行っている。



新しく開発されたPalm Cubic Anvil 圧力装置。重量が従来の10分の1以下になったが、発生圧力は従来と同様に8GPa程度発生し、0.5Kまでの温度で測定することが可能である。

The New Palm Cubic Anvil high pressure apparatus. Weight became a 10 times smaller than Old Cubic Anvil apparatus, but, can make up to 8GPa same as before one.

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.



圧力誘起鉄系超伝導体 EuFe_2As_2 の温度・圧力相図。鉄の反強磁性秩序が抑制されると超伝導が出現するが、Euの反強磁性秩序との競合によりリエントラントな超伝導転移を示す。また、より高圧相では超伝導は消失し、Euの磁性は強磁性状態へと変化するを見いだした。

Pressure-temperature phase diagram of EuFe_2As_2 . Applying pressure leads to a continuous suppression of the antiferromagnetism associated with Fe moments and the antiferromagnetic transition temperature becomes zero at $P_C \sim 2.5\text{--}2.7$ GPa. Pressure-induced re-entrant superconductivity only appears in the narrow pressure region in the vicinity of P_C due to the competition between superconductivity and the antiferromagnetic ordering of Eu^{2+} moments. The antiferromagnetism of Eu^{2+} moments changes to ferromagnetism above 8 GPa.

研究テーマ Research Subjects

1. 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
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
4. 超高圧力発生技術と極低温精密物性測定
The high pressure generating technology and the physical property measurements in the dilution refrigerator temperature range

名嘉研究室

Naka Group



名嘉 節
Takashi NAKA
客員教授
Visiting Professor

磁性体を加圧して原子間の距離を縮めると、原子上に局在した電子の持つ磁気モーメントは不安定になり、臨界圧力で磁化（磁気秩序）が消失すると考えられている。臨界近傍は、実は物質の持つ個性（多様性）が最も顕著に現れる領域であり、絶縁体 - 金属転移や超伝導、重い電子状態などが見出されている。このような圧力誘起磁気転移を研究するために、我々のグループではこれまでに10万気圧を超える高圧下で、低温（1.5ケルビン）、高磁場（6テスラ）の条件下で微弱な磁化の信号を検出できる装置を開発してきた。今回、物性研と共同でさらに低温（0.5ケルビン以下）、高磁場（10テスラ以上）の条件下で微弱な常磁性信号を定量的に検出できる装置の開発を進めている。

Using a high-pressure technique, the volume and the corresponding properties of solids may be tuned, thereby inducing transformations from one solid state to another, as in the cases of nonmagnetic-to-magnetic and crystallographic phase transitions. In rare-earth compounds, for example, the compression of the crystal modifies the electronic state through single-ion crystal-field and magnetoelastic interactions and/or interatomic interactions, such as quadrupolar and a magnetic couplings mediated by conduction band electrons.

In this respect, we have developed a magnetometer available under extreme conditions, down to 0.5 Kelvin, over 10 Tesla and 2 GPa as a cooperative work with ISSP. Previously, we have developed successfully a magnetometer using the Faraday method available up to 6 Tesla, 1.5 Kelvin and 1.8 GPa in NIMS.

アブド-エルメグイダ研究室

Abd-Elmeguid Group



アブド-エルメグイダ モーセン
Mohsen ABD-ELMEGUID
外国人客員教授
Visiting Professor

研究室では、主にx線回折、核共鳴散乱、メスbauer、x線エミッションスペクトルスコピーおよび電気抵抗測定を高圧下で行い、多彩な物性現象の起源解明を進めている。電気抵抗測定は、50 GPaまでの超高圧力、0.3 Kまでの極低温および10 Tまでの磁場下という多重極限環境下での実験・研究を行うことが出来る。研究は、強相関系物質（例えば $\text{EuCo}_2(\text{Si,Ge})_2$ 、 SmS 、 YbRh_2Si_2 と YbAgGe ）、モット絶縁体物質（例えば TiOCl 、 LaSrCoO_3 と RNiO_3 （ $R = \text{La}, \dots, \text{Lu}$ ））およびその関連物質における圧力誘起相転移現象に興味を持ち行っている。近年特に、圧力によって誘発された量子相転移現象や異常超伝導状態さらに圧力誘起金属 - 絶縁体転移とその異常な金属状態について研究を進めている。とりわけ、様々な系における、結晶構造、輸送現象およびその磁気的性質の相互関係を理論的に検証することに興味を持っている。

We use high pressure as a parameter for the investigation of a variety of solid-state phenomena by applying different experimental techniques such as x-ray diffraction, nuclear resonant scattering, Mössbauer, x-ray emission spectroscopy and electrical resistivity. The experimental facilities for electrical resistivity allow us to achieve pressures up to 50 GPa, temperatures down to 0.3 K and external magnetic fields up to 10 T. Our main interest is the study of pressure-induced phase transitions in strongly correlated f and d-electron systems (e.g. $\text{EuCo}_2(\text{Si,Ge})_2$, SmS , YbRh_2Si_2 and YbAgGe) and Mott-insulators (e.g. TiOCl , LaSrCoO_3 and RNiO_3 , $R = \text{La}, \dots, \text{Lu}$) and related compounds. In recent years, a special focus is devoted to pressure-induced quantum phase transitions, unconventional superconductivity and metal-insulator transition and anomalous metallic state. Of particular interest is the investigation of interplay between structure, transport and magnetism in the different classes of systems as well the comparison with relevant theoretical models.

ロガッキー研究室

Rogacki Group



ロガッキー クリストフ
Krzysztof ROGACKI
外国人客員教授
Visiting Professor

回転下の渦状態の実験的研究。hcp 固体 He 中の、量子化した渦状態及び、渦流体 (VF) 状態から超流動固体状態への転移は、唯一久保田准教授のグループで研究されて来た。VF 状態はまた、銅酸化物超伝導体から始まる「新しいタイプの超伝導体」で調べられている。多くの新しいタイプの超伝導体の多くでの渦流体状態の出現とその特性は、低次元内部系に関連しており、これが量子渦を巻き込んだ熱励起を増長していると考えられている。実際、久保田准教授のグループで得られた実験結果は、渦流体状態に渦輪励起が存在している事を示しており、これは如何なる露な、はっきりとした巨視的コヒーレンスを示さない。巨視的なコヒーレンスは T_c 以下でのみ現れ、この温度以下では DC 回転のもと量子化した渦糸が生成される。私は、長年に亘って超伝導体の分野で研究して来たが、なかなか新しい準 2 次元超伝導体の渦状態を研究しており、様々な実験経験を積んで来た。渦糸ダイナミクスのエキスパートとして私は、渦量対状態から本当の 3D 超流動固体状態への転移を確定する最終的議論を提供するのを援助出来るのではないかと期待している。久保田先生は、非常に興味深く、期待される実験を提案をされている：第 1 臨界角速度 Ω_{c1} の研究で、これ以下の回転速度で「ランダウ状態」の様な状態の存在を示す事で、 ^4He の固体状態中の本当の超流動固体状態が存在する事をデモンストレートするであろう。セルのサイズ依存性からも超流動固体状態の重要な特性を学ぶことができよう。例えば、渦芯径、固有の直線臨界速度等を議論しているところである。私は、限られた滞在期間中に最終的結論迄到達出来るか、確かではないが実験を準備し特殊な条件下の hcp 固体 He の研究を開始する事は確実に出来よう。我々は 3D 超流動固体状態が存在する事を示す証拠を提供出来ると信じている。

Experimental Study of Vortex State Under Rotation. Quantized vortex states and the transition from the vortex fluid (VF) state into the supersolid state in hcp solid He has been studied and discussed solely by the group of Prof. Kubota. The VF state has been also examined in the new kinds of superconductors, starting from cuprate high temperature superconductors. The occurrence and properties of the VF state in most of the new superconductors are related to the low dimensional subsystems, which would provide enhanced thermal excitations involving quantized vortices. Actually, experimental results obtained by Prof. Kubota's group seem to show the presence of vortex rings excitations in the VF state, which does not reveal any distinct macroscopic coherence. Macroscopic coherence appears only below T_c , below which quantized vortex lines are produced under DC rotation. I have been working in the field of superconductors for many years, studying among other things the vortex state in new quasi-2D superconductors, and have various experimental experiences. Being well experienced in the vortex dynamics I hope that I will be helpful in providing a final argument to confirm the transition from the VF state to the real 3D supersolid state. Instead of the last two sentences starting from "Prof. Kubota proposes ..." we may put in the following text: Prof. Kubota proposes very interesting and promising experiment: the torsional oscillator studies of the critical angular velocity, Ω_{c1} , to clarify the existence of something like "Landau state" below Ω_{c1} , which would demonstrate the existence of the real supersolid state in He-4. From the cell size dependence we should also learn some important supersolid properties, such as vortex core size and the intrinsic critical linear velocity, which we discuss now. I am not sure if we can arrive at the final conclusion within my time-limited stay, but certainly we can prepare the experiment and begin the low-temperature studies of the hcp solid He under the special experimental conditions. We believe to provide the evidence for the existence of the 3D supersolid state.

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、時間分解光電子分光、顕微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
 - ・ 新型レーザーと超精密レーザー制御による新しい分光法の研究
 - ・ 強レーザー場とコヒーレント軟X線によるアト秒分光・イメージングの研究
- 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:

- 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 time-resolved photoemission.
- Study of X-ray optics, surfaces, interfaces and nano-materials by X-ray scattering/diffraction.
- Laser development and precise control for next-generation spectroscopy
- Attosecond spectroscopy and imaging using strong laser fields and coherent soft x-ray pulses

教授
Professor

末元 徹
Tohru SUEMOTO

助教
Research Associate

馬場 基芳
Motoyoshi BABA

教授
Professor

辛 埴
Shik SHIN

助教
Research Associate

中嶋 誠
Makoto NAKAJIMA

教授
Professor

高橋 敏男
Toshio TAKAHASHI

助教
Research Associate

白澤 徹郎
Tetsuroh SHIRASAWA

准教授
Associate Professor

秋山 英文
Hidefumi AKIYAMA

助教
Research Associate

望月 敏光
Toshimitsu MOCHIZUKI

准教授
Associate Professor

小林 洋平
Yohei KOBAYASHI

助教
Research Associate

小澤 陽
Akira OZAWA

准教授
Associate Professor

板谷 治郎
Jiro ITATANI

助教
Research Associate

石田 行章
Yukiaki ISHIDA

准教授（客員）
Visiting Associate Professor

竹内 恒博
Tsunehiro TAKEUCHI

技術専門職員
Technical Associate

金井 輝人
Teruto KANAI

准教授（客員）
Visiting Associate Professor

西野 正理
Masamichi NISHINO

技術専門職員
Technical Associate

橋本 光博
Mitsuhiro HASHIMOTO

末元研究室

Suemoto Group



末元 徹
Tohru SUEMOTO
教授
Professor



中嶋 誠
Makoto NAKAJIMA
助教
Research Associate



馬場 基芳
Motoyoshi BABA
助教
Research Associate

パルスレーザー光源を用いた分光法は、固体における非常に高速の現象を研究するために必須である。可視から近赤外領域で発展した超高速技術は、赤外やテラヘルツの長波長領域、紫外や軟 X 線といった短波長領域へと拡張が進んでいる。当研究室では、テラヘルツから軟 X 線にいたる波長領域で各種の短パルス光源を使い、無機酸化物、有機錯体から生体分子にいたる幅広い物質群において、励起状態およびそのダイナミクスを研究している。この目的を達成するために、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、光誘起現象やスピン共鳴のダイナミクスの研究を行っている。

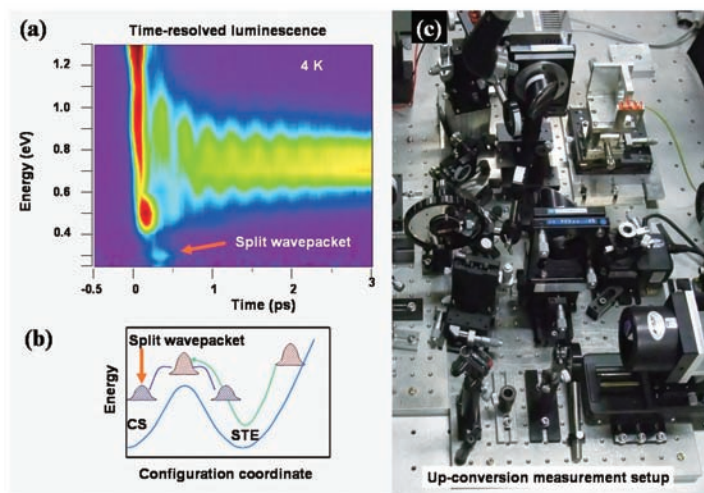
Optical methods based on pulsed lasers are indispensable for investigation of ultrafast phenomena in solids.

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

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

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

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



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

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

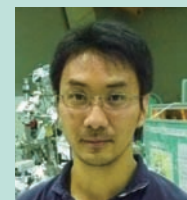
(b) Wave-packet motion on an adiabatic potential energy surface. The wave-packet proceeds to the left and splits on top of the potential energy barrier. (c) The central part of the femtosecond luminescence measurement optics.

研究テーマ Research Subjects

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



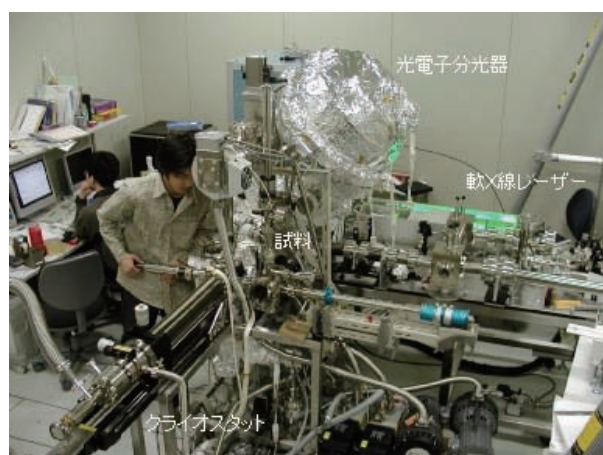
辛 埴
Shik SHIN
教授
Professor



石田 行章
Yukiaki ISHIDA
助教
Research Associate

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

レーザーの持つ単色性を利用して新たに開発されたレーザー光電子分光は $150\mu\text{eV}$ のエネルギー分解能を有し、世界最高である。超伝導体や強相関物質のギャップや擬ギャップ等を観測し、輸送現象に直接関係した電子状態を運動量空間で知ることができる。また、固体中のフォノンやマグノン等の固体中の素励起との結合を知ることができる。一方、レーザーのパルスの時間特性を利用してフェムト秒領域の時間分解光電子分光法を行っている。超伝導体、遷移金属化合物、有機物、半導体などの光誘起現象を研究している。また、レーザーの持つ大強度や微小スポットサイズを利用してナノ構造の電子状態を知る顕微光電子分光を行っている。STMにせまるようなナノメートル領域の空間分解能を目指している。

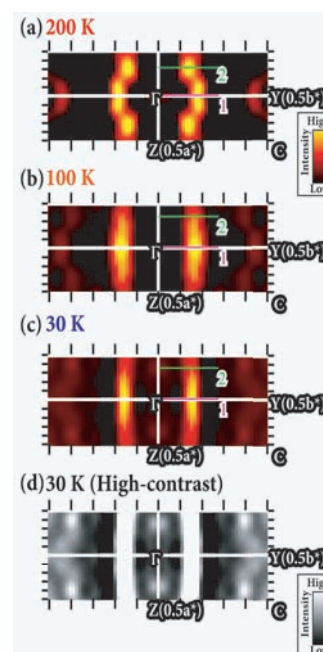


光電子分光で観測した1次元有機伝導体 TTF-TCNQ のフェルミ面の温度変化

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

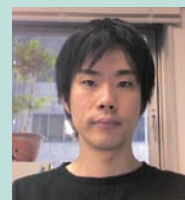
1. 軟X線レーザー極超高分解能光電子分光による超伝導体、低次元物質、新物質等の電子状態の研究
Ultra-high resolution laser-photoemission study on the superconductors and the low dimensional materials
2. 軟X線レーザー時間分解光電子分光による光誘起現象の研究
Time-resolved laser-photoemission study on the photo-induced phenomena
3. 軟X線レーザー光電子顕微鏡によるナノ構造の電子状態の研究
Laser photoelectron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

高橋研究室

Takahashi Group



高橋 敏男
Toshio TAKAHASHI
教授
Professor

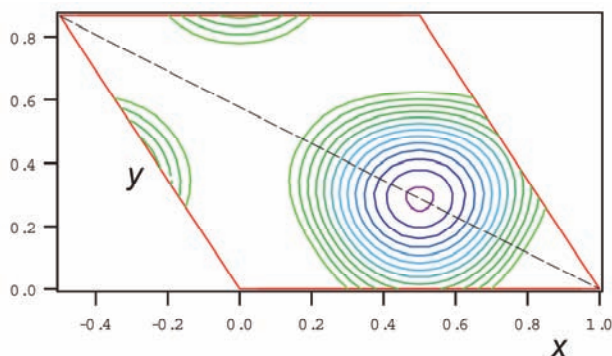


白澤 徹郎
Tetsuroh SHIRASAWA
助教
Research Associate

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

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

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

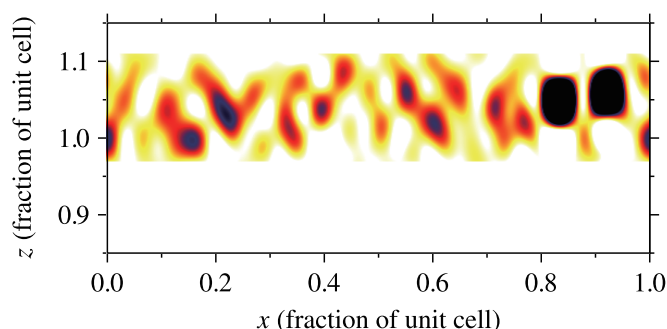


測定したX線回折強度分布から直接イメージングした、鉄シリサイド超薄膜の界面シリコン原子。

Interfacial Si atoms in an iron silicide ultra-thin film, that is directly reconstructed from experimental x-ray diffraction data.

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

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



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

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

研究テーマ Research Subjects

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

秋山研究室

Akiyama Group



秋山 英文
Hidefumi AKIYAMA
准教授
Associate Professor



望月 敏光
Toshimitsu MOCHIZUKI
助教
Research Associate

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、ソリッドイメーション顕微技術などを開発している。最近では、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。



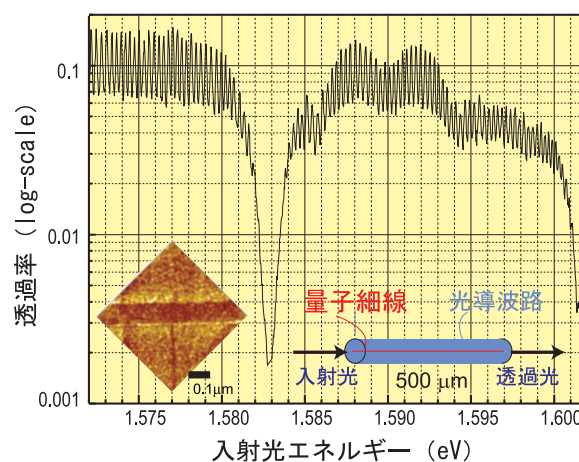
単一T型量子細線の透過吸収スペクトル
Transmission/absorption spectrum of a T-shaped single quantum wire.

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.



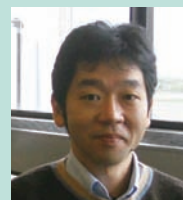
研究テーマ Research Subjects

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

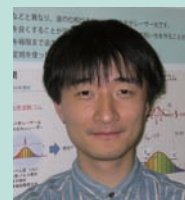
先端分光研究部門
Division of Advanced Spectroscopy
<http://yohei.issp.u-tokyo.ac.jp/>

小林研究室

Kobayashi Group



小林 洋平
Yohei KOBAYASHI
准教授
Associate Professor



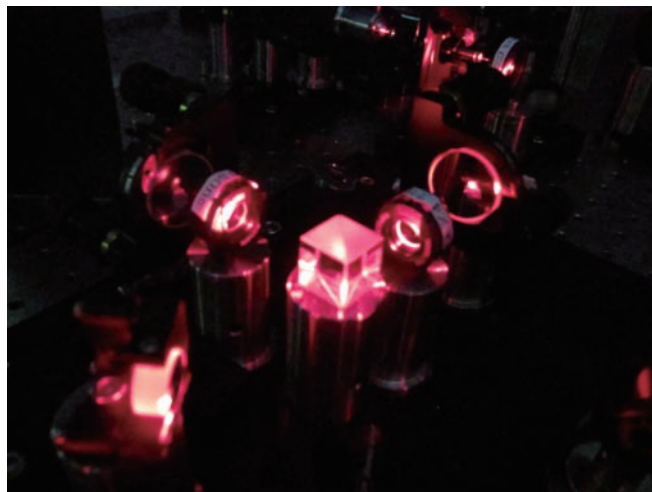
小澤 陽
Akira OZAWA
助教
Research Associate

最先端レーザーの研究開発とその応用を行っている。超短パルスから単色まで非常に幅広い時間一周波数ダイナミックレンジを自由に操作し、新しい分光法を開拓してゆく。光位相が精密に制御された極短パルスレーザーによる高次の非線形光学効果を駆使した光科学を展開する。例えば、高次高調波によるコヒーレント XUV 光発生およびそれを用いた超精密分光の開拓などを行っている。応用分野としてはレーザー光電子分光、アト秒非線形分光、精密・高強度物理、光周波数コム、原子分子の精密分光などが考えられる。量子エレクトロニクスに限らず非常に広い分野の応用を考えている。現在、Yb ファイバーレーザーを用いた光周波数コムの開発、ハイパワー Yb ファイバー CPA システムや 2GHz 以上の超高繰り返しレーザーシステムの開発を行っている。

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

We are developing an Yb-fiber laser-base optical frequency comb, XUV frequency comb, and high-power fiber chirped pulse amplifier system for these applications. The higher repetition rate of >2GHz laser oscillator is also studied.

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



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 治郎
Jiro ITATANI
准教授
Associate 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。

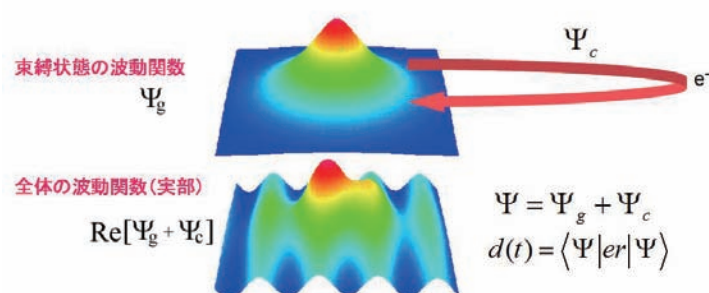
アト秒物理学の開拓 — 高次高調波は原子や分子が強レーザー場中でイオン化する際に発生するコヒーレントな短波長光であり、アト秒領域の極短パルスを発生するための手法として期待されている。本研究室では、強レーザー場中での原子分子の量子力学的な振る舞いを理解し制御することによって、アト秒領域の短波長光を発生し、それを利用した原子分子や凝縮系の電子状態の超高速光の確立を目指している。

分子動画 — 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 (HHG) 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

竹内研究室

Takeuchi Group



竹内 恒博
Tsunehiro TAKEUCHI
客員准教授
Visiting Associate Professor

電子構造を詳細解析することで、高温超伝導に代表される特徴的な電子物性の起源を解明する研究を実施している。特に、固体内の電子の運動量分布とエネルギー分布を十分な分解能で直接観測できる角度分解光電子分光を主要な実験手法として利用している。

東京大学物性研究所では、先端分光研究部門辛埴教授との共同研究として、レーザーを励起源とした高分解能角度分解光電子分光を駆使して、酸化物高温超伝導体における超流動密度（クーパー対の密度）のキャリア濃度依存性を解明する研究を実施している。超流動密度は超伝導臨界温度を決定する秩序因子であることから、BCS 理論では説明不可能な 40 K を超える高い超伝導臨界温度の起源を解明するためには、その正確な見積もりが必要不可欠である。レーザー励起角度分解光電子分光を用いれば、クーパー対の形成量を運動量に分解して見積もることが可能である。様々なキャリア濃度の試料に対してレーザー励起角度分解光電子分光実験を実施することで、高い超伝導臨界温度を生み出す機構が解明されることが期待される。

We are investigating the origin of the unusual electron transport properties of strongly correlated systems, such as the superconductivity observable above 40 K, large thermoelectric power with metallic electrical conduction, coexistence of local magnetic moment from itinerant electrons, etc, in terms of fine electronic structure near the chemical potential. High-resolution angle resolved photoemission spectroscopy is employed as one of the main experimental techniques to investigate the detailed electronic structure of the objective materials.

In the currently conducting project, the carrier concentration dependence and the momentum dependence both of the superconducting gap and the pseudogap observable for the high-T_c cuprate superconductors are carefully investigated by using the laser induced angle resolved photoemission spectroscopy technique, which is characterized by the ultra-high energy resolution better than 1 meV. The superfluid density, which is directly related to the superconducting transition temperature, will be estimated from the momentum dependence of the superconducting gap and pseudogap. The conditions for the largest superconducting gap will be clearly revealed to understand the mechanism leading to the very high superconducting transition temperature.

西野研究室

Nishino Group



西野 正理
Masamichi NISHINO
客員准教授
Visiting Associate Professor

光照射、磁場印加、圧力や温度変化などの外部刺激（環境）により相転移を示す遷移金属化合物の相転移の機構や性質、準安定秩序状態の非平衡ダイナミクスなどについて、モデル化および計算シミュレーションを用いて理論的研究を行っている。遷移金属錯体は、外部刺激による *d* 電子状態の変化の過程で、しばしばバイブロニックなカップリングを通して、分子の電子状態とその体積や構造が連動して変化する。そのような系では、局所的な体積や構造の変化による格子ひずみが原因となって弾性相互作用が生じ、それが協力的相互作用となって相転移を起こす事がある。この弾性相互作用の性質は自明ではなく、相転移の一般論の視点からも興味深い。この相互作用に注目して、外部環境下、系の構造と連動して変化する電子状態やスピン状態のダイナミクスの特徴を調べ、系の構造特性と機能発現の関係に理論的基礎付けを与える事を目指す。

Concerning transition metal complexes which exhibit phase transitions induced by external stimuli such as light irradiation, application of magnetic field, changes in temperature, pressure, etc, we study theoretically the mechanisms and properties of the transitions and the non-equilibrium dynamics of the metastable states of the compounds with the use of modeling and computational simulations. In transition metal complexes, the structure and size of the molecule change with the electronic state through a vibronic coupling. In such systems, the elastic interaction is caused by the lattice distortion due to local volume change or local structural change. This kind of elastic interactions can play a role of cooperative interactions which induce phase transitions. The properties of the elastic interaction are non-trivial and they are interesting from the viewpoint of general theories on phase transitions. Focusing on the nature of the elastic interaction, we are studying the characteristic features of the dynamics of the system structures and electronic and spin states, which react on each other under the external stimuli, and trying to have a general theory in the relation between the structural and functional properties of the complexes.

軌道放射物性研究施設

Synchrotron Radiation Laboratory

高エネルギー加速器から制動輻射で発生する極紫外線から軟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。特に挿入光源（アンジュレータ）から発生した高輝度放射光は吸収分光、光電子分光、発光分光などの軟X線分光実験を高分解能で行うことを可能にし、さまざまな物性の微視的解明などに重要な役割を果たしている。このため、放射光は現代物質科学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SPring-8に播磨分室を開設し、同放射光施設に世界最高性能の軟X線アンジュレータビームライン（東京大学放射光アウトステーション物質科学ビームライン）を建設・整備して、高輝度軟X線放射光を利用する最先端の物性科学研究を推進している。また高エネルギー加速器研究機構（KEK）内につくば分室を置き、フォトンファクトリー（KEK-PF）に設置した2つの真空紫外・軟X線ビームラインの管理も行っている。軌道放射物性研究施設ではこれら全ての実験ステーションにおいて全国共同利用実験を提供するとともに、放射光を利用した先端的物性研究や新しい分光実験技術の開発も行っている。一方、本施設の加速器グループは、次世代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。

Synchrotron radiation, especially from insertion devices, has provided 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 members of Synchrotron Radiation Laboratory (SRL) have been playing an essential role to promote advanced synchrotron radiation sciences using brilliant light sources in vacuum ultraviolet and soft X-ray regimes. The SRL opened a branch laboratory at the SPring-8 to operate the new high-brilliance soft X-ray beamline BL07LSU of the University of Tokyo. At the Photon Factory, SRL maintains an undulator, two beamlines and three experimental stations, which are 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.

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） 田中 義人
Visiting Professor Yoshihito TANAKA

助教 藤澤 正美
Research Associate Masami FUJISAWA

助教 高木 宏之
Research Associate Hiroyuki TAKAKI

助教 山本 達
Research Associate Susumu YAMAMOTO

助教 矢治 光一郎
Research Associate Kohichiro YAJI

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

加速器グループ

Accelerator Physics Group



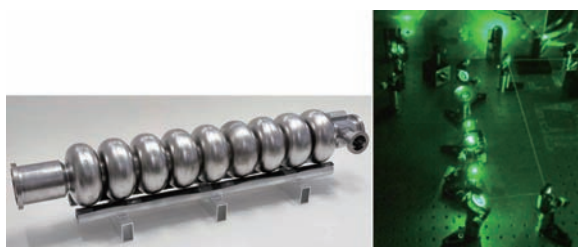
中村 典雄
Norio NAKAMURA
准教授
Associate Professor



高木 宏之
Hiroyuki TAKAKI
助教
Research Associate

我々のグループの主な研究テーマは、放射光の光源となる粒子加速器である。我々はこれらの光源加速器の研究を行うとともに、将来に向けた先端的な光源加速器要素や光源加速器技術の開発を進めている。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型リニアック（ERL）による次世代放射光源の研究がある。ERLは自由電子レーザー（FEL）の強力なドライバーにもなりうる。現在、ERLにおけるビーム力学の研究と超伝導加速空洞や光陰極電子銃用ファイバーレーザーなどの要素開発を他機関と共同して進めている。また同時に、東京大学がSPRING-8に建設す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にかかわり、高速円偏光切替用電磁石移相器の開発を行っている。さらに、KEK-PFと共同してパルス六極電磁石を用いた新しい入射方式の研究も行っている。

Our main research subjects are particle accelerators dedicated as synchrotron radiation sources. We study these accelerators and develop advanced accelerator components, subsystems and technologies. 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 time resolution to the existing synchrotron light sources based on electron storage rings and can be a powerful driver for a free electron laser (FEL). 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 electron gun in collaboration with some other facilities. We also participate in construct of a polarization-controlled undulator for a material-science beam line of the University of Tokyo at SPRING-8 and developing a electromagnetic phase shifter for fast helicity switching of the circularly-polarized undulator radiation. Furthermore we are studying a new injection scheme based on a pulsed sextupole magnet in collaboration with KEK-PF.



次世代放射光源に向けて試作された超伝導加速空洞（左）と開発中の光陰極電子銃用ファイバーレーザーシステム（右）。

A fabricated prototype for a nine-cell superconducting RF cavity (left) and a developed Yb fiber laser system for a photocathode electron gun (right) towards a next-generation synchrotron light source.



SPRING-8に設置された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磁場測定（右）。

A polarization-controlled undulator installed at SPRING-8 for the material science beamline of the University of Tokyo (left) and a phase shifter prototype developed for fast helicity switching of the undulator radiation at ISSP (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 technologies
4. 加速器におけるビーム物理
Beam physics in accelerators

測定系グループ

Solid State Spectroscopy Group

柿崎研究室

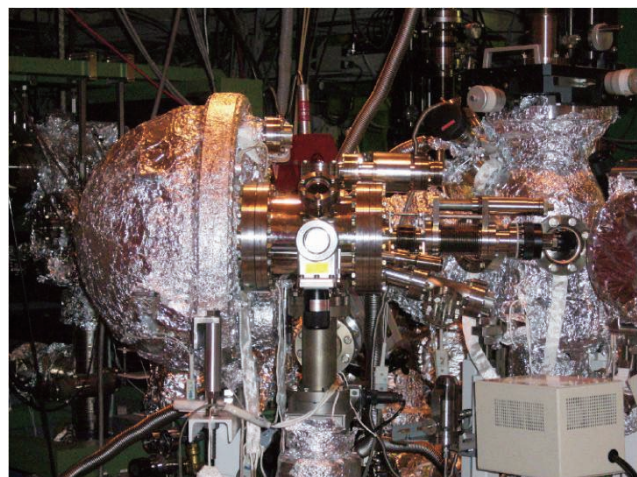
<http://kakizaki.issp.u-tokyo.ac.jp/>

松田(巖)研究室

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

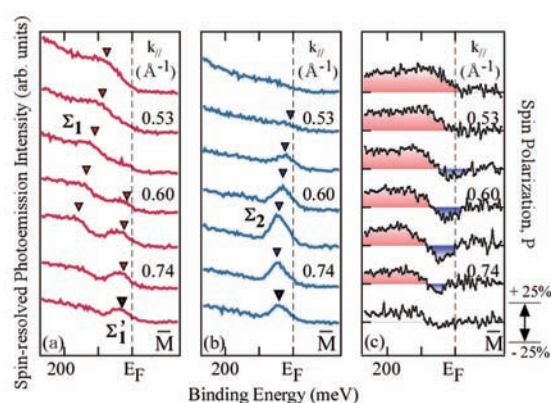
測定系グループは2つの研究室（柿崎研究室、松田(巖)研究室）で構成され、高輝度放射光を利用した先端物性研究や新しい実験技術の開発・研究を共同で行っている。SPring-8に播磨分室を開設し、同放射光施設に世界最高性能の軟X線アンジュレータビームライン（東京大学放射光アウトステーション物質科学ビームライン BL07LSU）を建設・整備し、高輝度軟X線放射光を利用する最先端の物性科学研究を推進している。播磨分室スタッフは現在 BL07LSU で超短パルスレーザーと高輝度放射光パルスを組み合わせた時間分解軟X線分光実験用ステーションを立ち上げ、表面化学反応や表面相転移のダイナミクス研究を行っている。また、KEK-PF に設置しているつくば分室では偏向電磁石からの放射光を使う角度分解光電子分光実験装置 (BL-18A)、リボルバー型アンジュレータからの高輝度放射光を利用するスピン・角度分解光電子分光実験装置 (BL-19A) と軟X線発光分光実験装置 (BL-19B) の3基のビームライン実験ステーションを維持・管理している。

The 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 a branch laboratory at the SPring-8 to maintain the new high-brilliance soft X-ray beamline BL07LSU of the University of Tokyo, where time-resolved soft X-ray spectroscopy is utilized to study the dynamics in surface chemistry and in various photo-induced surface phase transitions. The solid state spectroscopy group also operate Tsukuba branch and maintain two bending-magnet and undulator beamlines, connected with 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). The current interests at KEK-PF are in the spin dependent surface electronic structures of quantum films, topological insulators and transition metal magnetic thin films. A new chemical imaging technique for nanometer-scale materials has been developed by combining scanning tunneling microscopy and synchrotron radiation X-ray.



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

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



トポロジカル絶縁体 $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ のエッジ状態の高分解能スピン・波数分解光電子分光スペクトル: (a) アップ・スピンのスペクトル、(b) ダウン・スピンのスペクトル、(c) スピン偏極度。スピン偏極したエッジ状態のバンド分散が確認できる。

High-resolution spin- and momentum-resolved photoemission spectra of edge states of a topological insulator $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$. Energy dispersions of the spin-split edge states are observed in (a) up-spin and (b) down-spin spectra. (c) is the spin polarization of the edge states.



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



山本 達
Susumu YAMAMOTO
助教
Research Associate

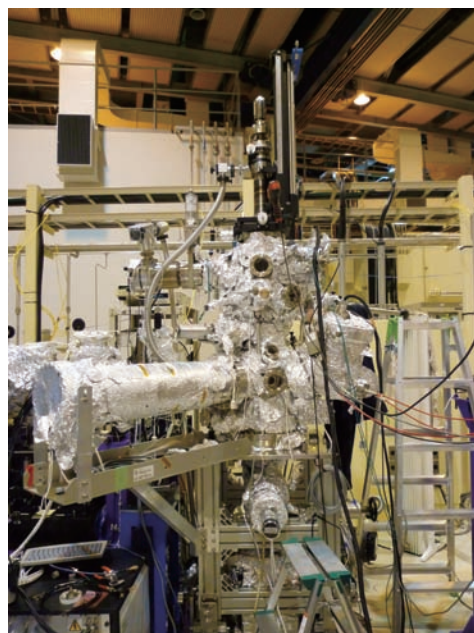


矢治 光一郎
Kohichiro YAJI
助教
Research Associate

測定系グループは、これらの全てのビームラインにおいて共同利用実験をサポートするとともに、放射光を利用する先端物性研究も行っている。同グループで開発した世界最高性能のスピンの検出器を用いた高分解能スピン分解光電子分光によりトポロジカル絶縁体や量子薄膜、遷移金属磁性薄膜などのスピン電子状態を調べているほか、逆光電子分光による非占有電子状態解析や放射光 X 線と走査トンネル顕微鏡を組み合わせた元素イメージングの開発なども行われている。



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



SPring-8 BL07LSU 時間分解軟 X 線分光実験ステーション。飛行時間型 2 次元角度分解電子分析器を備えた測定槽内のサンプルに超短パルスレーザーと高輝度軟 X 線放射光を照射して高速時間分解光電子分光実験を行う。

Time-resolved soft X-ray spectroscopy apparatus at SPring-8 BL07LSU utilizing simultaneous radiation of high-brilliance synchrotron radiation and ultra-short pulse laser. Time-resolved photoemission spectra are measured at an analyzer chamber equipped with a two dimensional time of flight electron energy analyzer.

研究テーマ Research Subjects

1. 時間分解軟 X 線分光実験の開発と表面ダイナミクスの研究
Developments of time-resolved soft X-ray spectroscopy and researches on surface dynamics
2. 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スピン電子状態の研究
Spin-dependent surface electronic states studied by spin- and angle-resolved photoemission spectroscopy and magnetic linear- and circular-dichroism
3. 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
4. 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の電子輸送現象の研究
Electron transports in low-dimensional structures on solid surfaces studied by a combination of photoemission spectroscopy and in situ surface conductivity measurements

田中研究室

Tanaka Group



田中 義人
Yoshihito TANAKA
客員教授
Visiting Professor

高輝度パルス放射光を利用した時間分解X線分光・回折測定法により、光パルス照射された物質の高速の電子状態変化や原子変位を直接的に観測することができる。大型放射光施設 SPring-8 で東京大学放射光物質科学アウトステーションとして稼働し始めた BL07LSU では、時間解放射光光電子分光がその重要な研究テーマの1つとして設定されている。BL07LSU の時間分解光電子分光装置の特徴は、レーザーポンプ放射光プローブ法と飛行時間型2次元角度分解電子分析器を用いて、時間分解能数十ピコ秒で光電子スペクトルを高効率で測定できる点である。これにより、光励起による基板および吸着種の電子状態変化を数十ピコ秒の時間分解能で追跡できるようになり、光誘起表面相転移、SPV(表面光起電力)効果など、光で誘起される動的過程の解明に新しい切り口でのアプローチが可能になる。測定系グループと共同で、蓄積リングの電子の加速タイミングを制御している基準信号を BL07LSU に引き込み、これとフェムト秒パルスレーザー、検出器系の時間同期を達成した。また、この時間分解光電子分光装置を用いて Si などの半導体表面での SPV 効果の観測に成功している。

The time-resolved (TR) X-ray spectroscopy and diffraction measurements using synchrotron radiation (SR) enables us to observe ultrafast electron energy structure change and atom displacement of materials which is irradiated by a pulsed laser. At BL07LSU of SPring-8, which was constructed as a University-of-Tokyo Materials Science outstation and is now in operation, the TR photoelectron spectroscopy has been conducted as one of the key research subjects of the beamline. The TR photoelectron spectroscopy at BL07LSU is characterized by the combination of laser-pump SR-probe technique and time-of-flight (TOF) type angle-resolved electron analyzer, to measure efficiently core-level photoelectron spectra with a time resolution of 50 ps. This technique will open a new pathway to approach elucidation of photo-induced dynamical processes such as photo-induced surface phase transition, surface photovoltage (SPV) effects and so on. In collaboration with the Solid State Spectroscopy Group, we constructed the timing supply system to achieve the synchronization of SR, a femtosecond pulsed laser and the data acquisition system, and succeeded in observation of SPV effect in semiconductor surface of silicon using the TR photoelectron spectrometer.

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 Super-computer Center of ISSP (SCC-ISSP) belongs to MD-D, while in MSC-D there are six sections for joint-use; Materials Synthesis Section, Chemical Analysis Section, X-Ray Diffraction Section, Electron Microscope Section, Electromagnetic Measurements Section, and Spectroscopy Section. In MD-D, by making use of its supercomputer system, novel mechanisms behind various cooperative phenomena in condensed matter are explored, and theoretical designs of new materials as well as 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.

| | | | |
|------------------------------|-------------------|---------------------|-----------------|
| 教授 (施設長) | 廣井 善二 | 技術専門員 | 北澤 恒男 |
| Professor (Director) | Zenji HIROI | Technical Associate | Tsuneo KITAZAWA |
| 教授 | 上田 寛 | 技術専門職員 | 小池 正義 |
| Professor | Yutaka UEDA | Technical Associate | Masayoshi KOIKE |
| 教授 | 川島 直輝 | 技術専門職員 | 磯部 正彦 |
| Professor | Naoki KAWASHIMA | Technical Associate | Masahiko ISOBE |
| 准教授 | 野口 博司 | 技術専門職員 | 山内 徹 |
| Associate Professor | Hiroshi NOGUCHI | Technical Associate | Touru YAMAUCHI |
| 准教授* | 杉野 修 | 技術専門職員 | 矢田 裕行 |
| Associate Professor | Osamu SUGINO | Technical Associate | Hiroyuki YATA |
| 准教授 (客員) | 谷口 貴志 | 技術職員 | 福田 毅哉 |
| Visiting Associate Professor | Takashi TANIGUCHI | Technical Associate | Takaki FUKUDA |
| 助教 | 山浦 淳一 | 技術職員 | 木内 陽子 |
| Research Associate | Jun-ichi YAMAURA | Technical Associate | Yoko KIUCHI |
| 助教 | 富田 裕介 | 特任専門職員 | 浜根 大輔 |
| Research Associate | Yusuke TOMITA | Technical Associate | Daisuke HAMANE |
| 助教 | 植田 浩明 | 学術支援専門職員 | 荒木 繁行 |
| Research Associate | Hiroaki UEDA | Technical Associate | Shigeyuki ARAKI |
| 助教 | 鈴木 隆史 | 学術支援専門職員 | 山地 令子 |
| Research Associate | Takafumi SUZUKI | Technical Associate | Reiko YAMAJI |
| 助教 | 岡本 佳比古 | 学術支援専門職員 | 古宇田 光 |
| Research Associate | Yoshihiko OKAMOTO | Technical Associate | Hikaru KOUTA |
| 助教 | 芝 隼人 | | |
| Research Associate | Hayato SHIBA | | |
| 助教 | 渡辺 宙志 | | |
| Research Associate | Hiroshi WATANABE | | |

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

廣井研究室

Hiroi Group



廣井 善二
Zenji HIROI

教授
Professor



岡本 佳比古
Yoshihiko OKAMOTO

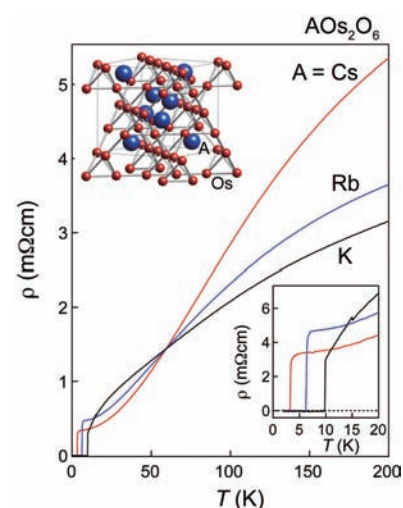
助教
Research Associate

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。

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. スピン 1/2 カゴメ格子反強磁性体の基底状態
Ground state of the spin-1/2 kagome antiferromagnet
3. 高温超伝導体
High- T_c superconductors

上田寛研究室

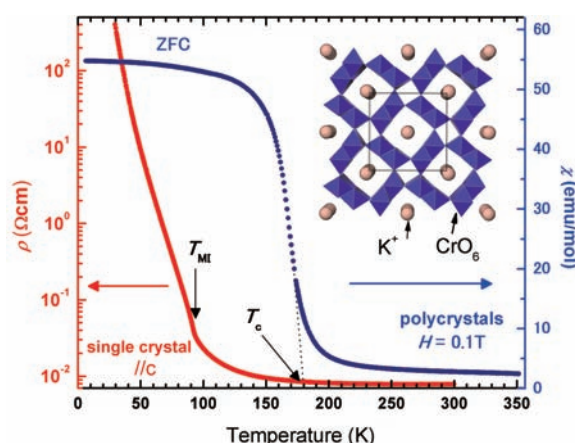
Y. Ueda Group

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、フッ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、電気的・磁気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) 軌道秩序のからんだスピン・パイエルスの相転移と磁場誘起相転移、(6) 新奇な金属―絶縁体転移、などを見出している。

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, chalcogenides and fluorides have been 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 findings 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) novel metal-insulator transitions in hollandites, $\text{K}_2\text{M}_8\text{O}_{16}$ ($M = \text{V and Cr}$).



$\text{K}_2\text{Cr}_8\text{O}_{16}$ の電気抵抗 (ρ) と磁化率 (χ)。 $\text{K}_2\text{Cr}_8\text{O}_{16}$ はキュリー温度 180 K の強磁性金属で、95 K で強磁性を維持したまま絶縁体に転移する。これははじめての強磁性金属―絶縁体転移の観測である。

Temperature dependences of resistivity (ρ) and magnetic susceptibility (χ) of $\text{K}_2\text{Cr}_8\text{O}_{16}$. $\text{K}_2\text{Cr}_8\text{O}_{16}$ is a ferromagnetic metal with $T_C = 180$ K and undergoes a transition to an insulator at $T_{MI} = 95$ K, retaining ferromagnetism. This is the first observation of ferromagnetic metal-insulator transition.

研究テーマ Research Subjects

1. 遷移金属を含む酸化物、カルコゲン化物、フッ化物等の合成と不定比性および相平衡の研究
Synthesis of transition metal compounds by controlling stoichiometry and phase equilibrium
2. X線回折、中性子回折、電子顕微鏡（電子線回折）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
3. 電気的・磁気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
4. 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

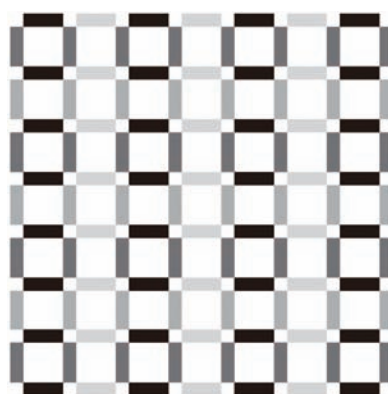


川島 直輝
Naoki KAWASHIMA
教授
Professor



鈴木 隆史
Takafumi SUZUKI
助教
Research Associate

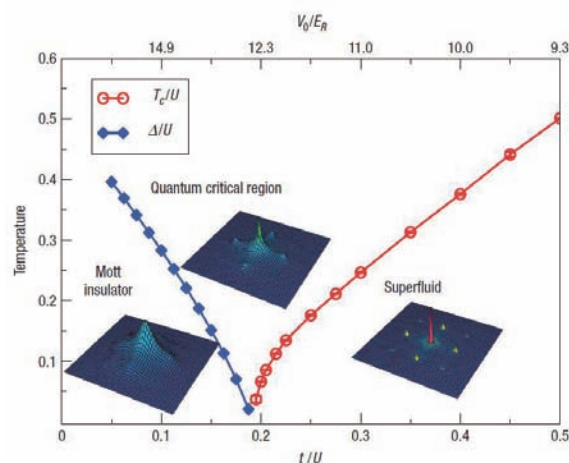
本研究室では物性論で現れるさまざまな多体問題の数値解法とそれを通じた物性基礎論の研究を行っている。20世紀半ばからスタートした計算機技術の急速な進展に伴って、従来の実験物理学、理論物理学を補うものとして、計算物理学と呼ばれる研究分野が成立しつつある。計算機を援用した物理学研究の手法は特に多体問題の解法において威力を発揮し、多くの成果をあげてきている。本研究室では、格子上で定義されたスピン系、ボーズ粒子系、フェルミ粒子系に対する新しいモンテカルロ法の開発を行い、従来困難であったいくつかの問題を解決し、また現在も未解決の問題にとりくんでいる。たとえば、ループ・クラスタ更新と呼ばれる量子モンテカルロ法があるが、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 quantum 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 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/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. スピングラス
Spin glasses

野口研究室

Noguchi Group



野口 博司
Hiroshi NOGUCHI
准教授
Associate Professor



芝 隼人
Hayato SHIBA
助教
Research Associate

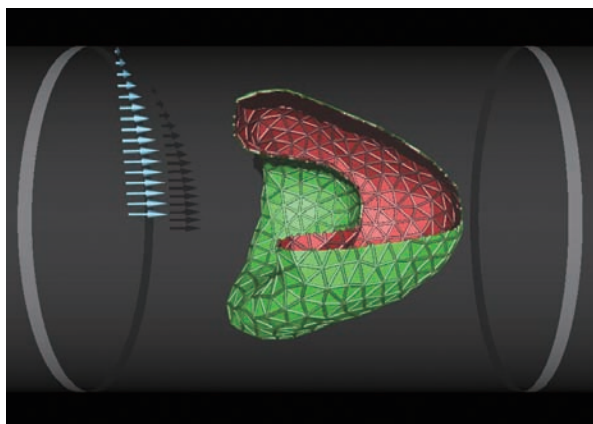
ソフトマター、生物物理を計算機を駆使して研究している。特に、生体膜や細胞のダイナミクスの解明に力を入れている。そのためのシミュレーション手法の開発、改良も行っている。

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

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

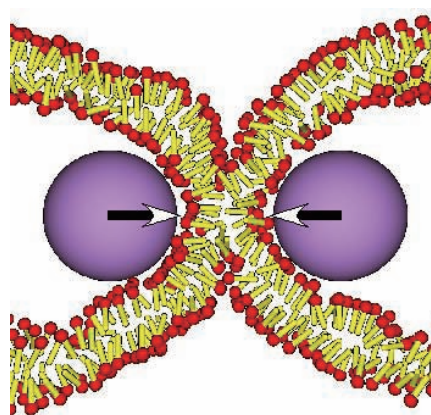
We study soft-matter physics and biophysics theoretically and numerically. Our main target is the physics of biomembrane and cells under various conditions. We develop membrane models and hydrodynamics simulation methods.

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



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

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



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
4. 2次元粒子系での融解転移
Melting transition in two dimensions

谷口研究室

Taniguchi Group



谷口 貴志
Takashi TANIGUCHI
客員准教授
Visiting Associate Professor

生体脂質膜とその閉じた形状であるベシクルは、外部環境（温度、pH、浸透圧など）を変化させることで、球形、中央部の両面が凹んだ形（正常な赤血球の形）、繭形、洋ナシ形などの様々な形態を示すことが知られている。このような外部の刺激に対する膜変形は、生体膜の様々な機能の発現と深く関係していると考えられており、それゆえ、膜の局所構造とベシクルの変形の関係性を明らかにすることは非常に重要である。

本研究室では、多成分の脂質や膜タンパクから構成されている生体膜の膜変形と膜の局所構造との関係を記述可能な出来るかぎり簡単な物理モデルを構築し、膜で起こっている局所的な構造の変化がベシクルの形態にどのような影響を及ぼすかを研究している。また生体膜中で起こっている多様な現象の中に潜む普遍的な物理を、実験とコンピュータシミュレーションで得られた結果との比較により明らかにする研究を進めている。

Lipid membranes and their closed forms, vesicles, exhibit a wide variety of shapes such as sphere, cup shape, biconcave shape, prolate dumbbell like shape, pear shape and so forth by changing their environment temperature, pH, and osmotic pressure. These shape deformations induced by external stimuli are considered to be related to various functions of biomembrane, and therefore it is quite important to investigate the origin of the shape deformation of vesicles.

The present targets in our study are to construct a simpler physical model to describe an intrinsically complex biomembrane composed of multi-component lipids and intramembrane proteins, and to make clear how the distribution of the composition of membrane is coupled to its shape deformation. In addition, we study to reveal universalities underlying phenomena that can be seen in biomembrane by comparing experimental evidences and results obtained by computer simulations using the model.

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 | 富 田 裕 介 | Research Associate : Y. TOMITA |
| 助 教 | 渡 辺 宙 志 | Research Associate : H. WATANABE |
| 助 教 | 鈴 木 隆 史 | Research Associate : T. SUZUKI |
| 助 教 | 芝 隼 人 | Research Associate : H. SHIBA |

| | | |
|----------|---------|---------------------------------|
| 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 |
| 学術支援専門職員 | 荒 木 繁 行 | Technical Associate : S. ARAKI |
| 学術支援専門職員 | 山 地 令 子 | Technical Associate : R. YAMAJI |
| 学術支援専門職員 | 古 宇 田 光 | Technical Associate : H. KOUTA |

1. 全国共同利用スーパーコンピュータ

電子計算機室では計算物性物理学専用のスーパーコンピュータシステムを、スーパーコンピュータ共同利用委員会の審議に基づき全国の物性研究者の共同利用に供している。スパコンシステムは2010年7月に更新された結果、疎結合並列計算機 (SGI ICE 8400EX、8340 CPU x Intel Xeon 5570) にベクトル型計算機 (NEC SX-9、64CPU) を加えた複合システムである。システムのベンダーとの密な連絡によって高度なシステム性能を維持するとともに、全国ユーザからの相談にきめ細かく応じながら、システムの管理運用を行っている。スーパーコンピュータの利用申請については、ホームページ (<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/supercom/>) を参照されたい。

2. 所内ネットワーク関連

本室では、物性研究所 LAN、および、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なども行っている。

3. 次世代スーパーコンピュータプロジェクト (「新物質・エネルギー創成」分野)

次世代スーパーコンピュータプロジェクトにおいて開発中の大型並列計算機に関しては、計算機利用のためのプロジェクトとして5つの科学技術分野が設定されていたが、このうち「新物質・エネルギー創成」の分野について、物性研がプロジェクトを代表する機関に選定された。今後は電子計算機室スタッフを中心として、所内においても協力体制を構築していく予定である。

スーパーコンピュータ システム B
(SGI ICE 8400EX/8340)
The supercomputer system B
(SGI ICE 8400EX/8340)



富田 助教



渡辺 助教

1. Joint-Use Supercomputer System

The Supercomputer Center (SCC) operates a supercomputer system available to all researchers of condensed matter physics in Japan. One can submit a proposal for a User Program to the Supercomputer Steering Committee, and once granted he/she can use the facility with no charge. The main system was renewed in July 2010. It consists of two systems: SGI ICE 8400EX (8340 CPU x Intel Xeon 5570) and NEC SX-9, 64CPU. In addition to maintaining high performance of the system in cooperation with the vendors (Hitachi and SGI), the SCC also responds to questions and inquiries from users on daily basis.

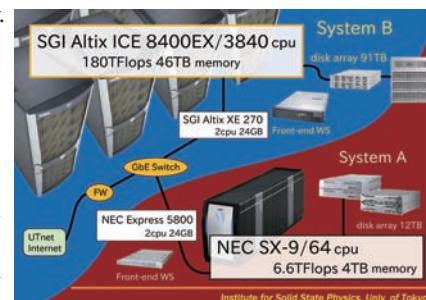
2. In-House Networks and related missions

The SCC also operates the local area network in ISSP, and 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). We, for example, monitor electronic traffics for virus infection and by distributing anti-virus softwares to in-house users.

3. Next-Generation Supercomputer Project ("Novel materials and energy resources")

In order to make the best use of the next-generation super computer, now being developed as a national project, five research areas had been selected by the government. Recently, ISSP was chosen as the representative institute of one of the five, "Novel materials and energy resources". Staff members of SCC support this activity.

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



物質設計評価施設

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

物質合成室 Materials Synthesis Section

担当所員 廣井 善二 Contact Person : Z. HIROI
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
技術専門職員 小池 正義 Technical Associate : M. KOIKE

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 purpose of the Materials Synthesis Section is to synthesize new compounds, 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



山浦 助教

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

The main purposes of the X-ray Diffraction Section are structural analysis and identification of powder and single crystal specimens for solid state physics. By using a 4-circle diffractometer equipped with a warped imaging plate and a refrigerator 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

電子顕微鏡室 Electron Microscope Section

担当所員 上田 寛 Contact Person : Y. UEDA
特任専門職員 浜根 大輔 Technical Associate : D. HAMANE

電子顕微鏡は物質の微細構造評価の有力な手段である。本室では、格子像レベルでの透過像を観察するため、高分解能型と電界放射型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, with the 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、200 kV 電子顕微鏡 (LaB₆ タイプ)、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, 200 kV electron microscope with a LaB₆ gun, 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



物質設計評価施設

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

電磁気測定室 Electromagnetic Measurements Section

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

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

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

Main Facilities

Superconducting magnet (15/17 T), Split type superconducting magnet (5 T), High homogeneity superconducting magnet (16/18 T) for NMR experiments, SQUID magnetometer (7 T), and PPMS (physical properties measurement system).



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、波長可変バルスレーザ光源、パリレンコーター

Main Facilities

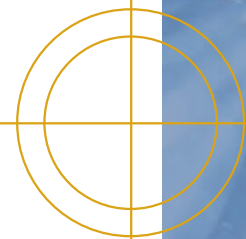
UV and VIS absorption spectrometer, IR spectrometer, Raman spectrometer with Ar ion laser, Tunable dye laser equipped with excimer laser, and Monochromator and related electronic instruments, Parylene coater.



光学測定機器
Spectrometers (Room A468)

中性子科学研究施設

Neutron Science Laboratory



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

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



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

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

教授 (施設長)
Professor (Director)

教授
Professor

准教授
Associate 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

柴山 充弘
Mitsuhiro SHIBAYAMA

吉澤 英樹
Hideki YOSHIZAWA

山室 修
Osamu YAMAMURO

佐藤 卓
Taku J SATO

益田 隆嗣
Takatsugu MASUDA

四方 俊幸
Toshiyuki SHIKATA

リー スンハン
Seunghun LEE

助教
Research Associate

助教
Research Associate

助教
Research Associate

助教
Research Associate

技術専門職員
Technical Associate

技術職員
Technical Associate

技術職員
Technical Associate

専門員
Administrative Secretary

大原 泰明
Yasuaki OOHARA

遠藤 仁
Hitoshi ENDO

古府 麻衣子
Maiko KOFU

南部 雄亮
Yusuke NAMBU

浅見 俊夫
Toshio ASAMI

川村 義久
Yoshihisa KAWAMURA

杉浦 良介
Ryosuke SUGIURA

大津 勝美
Katsumi OOTSU

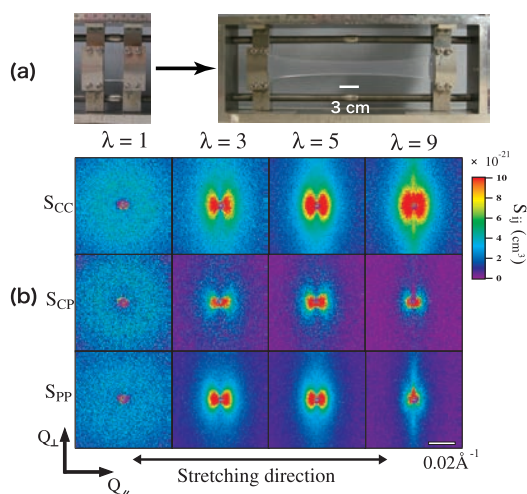
柴山 充弘
Mitsuhiro SHIBAYAMA教授
Professor遠藤 仁
Hitoshi ENDO助教
Research Associate

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

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

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

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 2009) and the neutron spin-echo spectrometer (iNSE; upgraded in 2009). Other scattering techniques, such as dynamic/static light scattering, microscopy, mechanical/thermal analyses, and rheological studies, are also employed if necessary. Current interests cover (1) inhomogeneities in polymer gels, (2) structural characterization and studies on deformation mechanisms of high-performance polymer gels, (3) rheo-SANS of nanoemulsion and micelles.



一軸変形化下にあるナノコンポジットゲルの小角中性子散乱。(a) 延伸前後の写真。(b) コントラスト変調法により、クレイ成分、高分子成分、両者の交差成分を抽出した後の部分散乱関数 S_{CC} , S_{PP} , S_{CP} 。

Small-angle neutron scattering (SANS) of uniaxially deformed nanocomposite gels. (a) Photographs of undeformed and deformed gels (7x). (b) Partial scattering functions, S_{CC} , S_{PP} , and S_{CP} extracted by contrast-variation SANS.

研究テーマ Research Subjects

1. 機能性高分子ゲルの構造とダイナミクス、体積相転移、ゾルゲル転移
Structure and dynamics, phase separation, and sol-gel transition of functional polymer gels
2. 高強力高分子ゲルの変形メカニズム
Deformation mechanisms of super-tough polymer gels
3. 天然および合成ゴムの精密構造解析
Precision structural analyses of natural and synthetic rubbers
4. 流動場でのナノエマルジョンおよびミセルの構造変化
Structural evolution of nanoemulsion and micelles in flow field

吉澤研究室

Yoshizawa Group

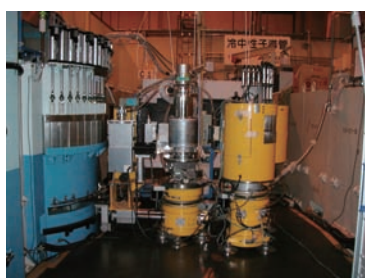


吉澤 英樹
Hideki YOSHIZAWA
教授
Professor



大原 泰明
Yasuaki OOHARA
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立たせている。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。



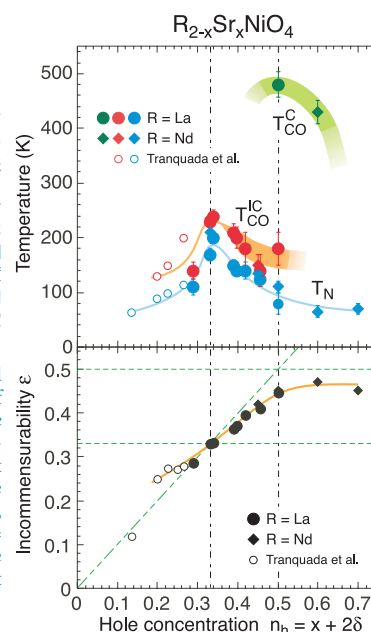
日本原子力研究開発機構（JAEA）の研究炉 JRR-3 に設置された物性研究所の3軸型中性子分光器。

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

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

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

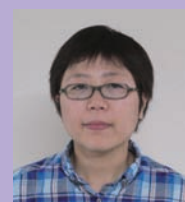
1. 遷移金属酸化物が示す金属・絶縁体転移や、その際に出現する磁気秩序・電荷秩序・軌道秩序などの中性子散乱による研究
Neutron scattering study of metal-insulator transition, magnetic ordering, charge/orbital orderings in transition-metal oxides
2. 超伝導体におけるスピン揺動の影響の微視的研究
Microscopic study of influence of spin fluctuations in magnetic superconductors
3. クラスレート型熱電結晶における格子振動の研究
Lattice dynamics of thermoelectro-clathrates

山室研究室

Yamamuro Group

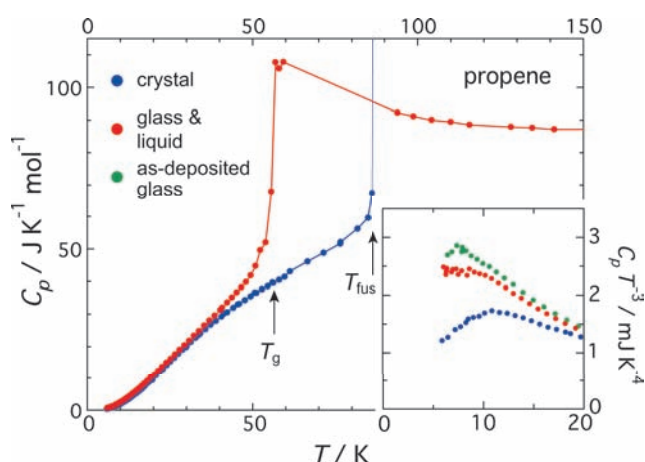


山室 修
Osamu YAMAMURO
准教授
Associate Professor



古府 麻衣子
Maiko KOFU
助教
Research Associate

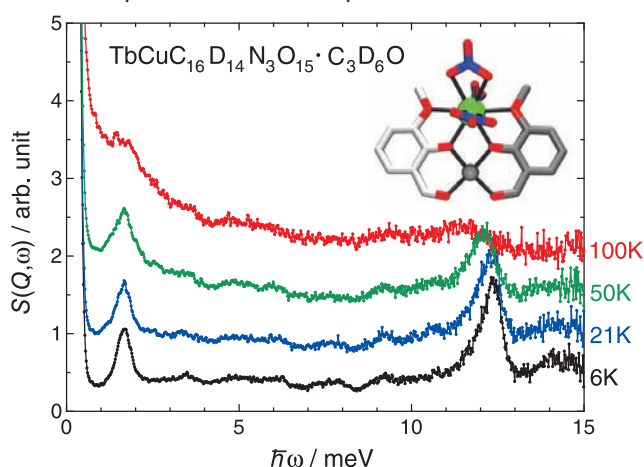
本研究室では複雑凝縮系の化学物理を研究している。現在の主な対象は、ガラス・過冷却液体、水およびその関連物質、イオン液体、単分子磁石などである。ガラス転移は過冷却液体が構造変化を起こさずに固化する不思議な現象であり、現在の物理学の理論では説明できない。水は人類にとって最も身近で重要な物質であるが、水素結合が織りなす様々な特異物性を示す。イオン液体は最近発見された希有な液体で、静電力とファンデルワールス力の競合から、様々な新しい物性が現れる。単分子磁石は高密度磁気記録媒体などの応用面だけでなく、磁化反転の量子効果など基礎物性面でも興味深い。これらの物質に対して、中性子散乱、X線回折、熱容量、誘電緩和などを測定し、構造・ダイナミクス・熱力学の3視点から、複雑な物質に内在する単純(?)な法則を明らかにすることを目指している。



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

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

We are studying chemical physics of complex condensed matters, especially glasses and supercooled liquids, water and related materials, ionic liquids, and single molecule magnets (SMMs). 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. SMMs are significant not only for applications such as high-density magnetic-recording media but also for basic physical properties such as quantum effects on magnetization reversal. These substances are investigated from neutron scattering, X-ray diffraction, heat capacity, and dielectric measurements. Our aim is to find simple (?) rules involved in complex systems from the three different points of view, i.e., structure, dynamics, and thermodynamic.



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

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

研究テーマ Research Subjects

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

佐藤研究室

Sato Group



佐藤 卓
Taku J. SATO
准教授
Associate Professor



南部 雄亮
Yusuke NAMBU
助教
Research Associate

中性子散乱を用いて固体中のスピン揺動および相関を研究している。多くの物質では低温でスピンは静止するが、中には幾何学的フラストレーションの効果や量子効果、更には他の自由度との結合等により特異な揺らぎを伴う基底状態を示す場合がある。このような物質群の揺らぎの原因やそこからあらわれる特異な現象を解明する事が目的である。

最近の研究例として、鉄系超伝導体におけるスピン励起の観測を紹介する。鉄系超伝導体は2008年に発見された新しい超伝導物質群であり、銅酸化物高温超伝導体に次ぐ高い超伝導転移温度を示すことから精力的に研究が進められている。我々は鉄系超伝導体の1つである $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ 系におけるスピン励起スペクトルのCo濃度(電子ドーピング)依存性を調べた。図に母物質($x=0$; 遍歴反強磁性体; $T_N \sim 140\text{K}$)、最適ドーピング($x=0.06$; $T_c^{\text{onset}} = 26\text{K}$)、ヘビードーピング($x=0.24$; 非超伝導)の3試料における磁気励起スペクトルを示す。 $T > T_N$ or T_c において、 $x=0$ および $x=0.06$ 試料が通常の動的帯磁率を示す事と対照的に、電子ドーピングを進め超伝導を完全に抑圧した $x=0.24$ の試料では低エネルギースピン励起は全く観測されなかった。これらの結果は超伝導とスピン励起の関連、更には電子構造との関連を強く示唆している。

我々は、他にもカゴメ格子量子反強磁性体、分子磁性体、準結晶磁性体等の磁気励起研究、試料合成、単結晶育成、および新しい中性子散乱分光法の開発も行っている。

中性子非弾性散乱で得た $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ の動的帯磁率。(a) $x=0$ (母物質)試料に対する $Q=(1,0,1)$ での測定結果。(b) $x=0.06$ (最適ドーピング組成)試料に対する $Q=(1,0,1)$ での測定結果。(c) $x=0.24$ (ヘビードーピング組成)試料に対する $Q=(1,0,1)$ での測定結果。

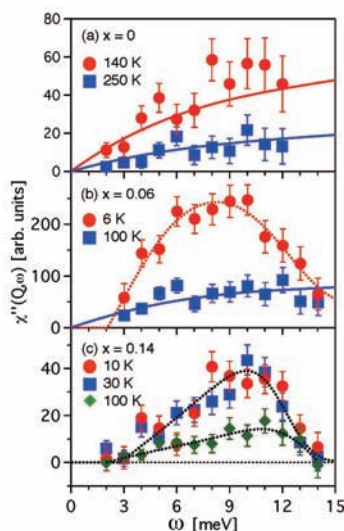
Dynamic susceptibility obtained by neutron inelastic spectroscopy on $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$. (a) Dynamic susceptibility of $x=0$ (parent) sample at $Q=(1,0,1)$. (b) Dynamic susceptibility of $x=0.06$ (optimal doping) sample at $Q=(1,0,1)$. (c) Dynamic susceptibility of $x=0.24$ (heavily doped) sample at $Q=(1,0,1)$.

Using neutron scattering technique, we study spin fluctuations and correlations in condensed matters. In many materials ordinary consequence of reducing temperature is spin ordering, but there are intriguing exceptions where geometrical frustration, quantum effect and/or coupling to other degrees of freedom prohibits to order, resulting in novel quantum fluctuating ground state. We aim at revealing origin of such non-trivially fluctuating states.

Here, as an example of recent studies, we describe spin excitation measurements on the Fe-based superconductor. Fe-based superconductor was discovered in 2008, and because of its second high transition temperature next to the cuprates, it has been studied intensively worldwide. Shown in Figure are the spin excitation spectra in $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ single crystals, where $x=0$ (parent itinerant antiferromagnet; $T_N \sim 140\text{K}$), 0.06 (optimal doping; $T_c^{\text{onset}} = 26\text{K}$), and 0.24 (heavily doped; non-superconducting). At higher temperature $T > T_N$ or T_c , the dynamic susceptibility shows quite normal behavior in $x=0$ and 0.06, in the heavily overdoped $x=0.24$ sample, where superconductivity is completely suppressed, the low-energy spin excitations are also completely suppressed. This result strongly

suggests the close relation between the spin excitation to the superconductivity, and to the Fermi surface topology.

We also work on quantum Kagome systems, molecular magnets, and quasicrystalline magnets. In addition, we also work on related sample preparation and crystal growth, and development of the new neutron scattering technique.

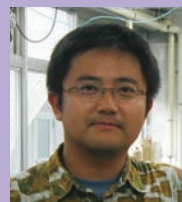


研究テーマ Research Subjects

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. 新奇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

益田研究室

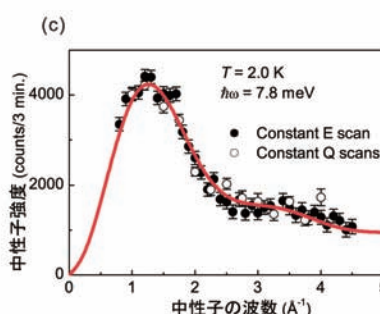
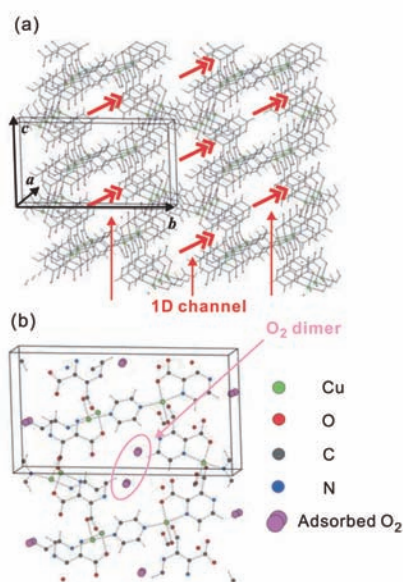
Masuda Group



益田 隆嗣
Takatsugu MASUDA
准教授
Associate Professor

本研究室では、低次元スピン系、フラストレーション系、スピン・クラスターなど、量子効果の強い磁性体における新しい状態を、物質合成・バルク物性測定・中性子散乱の3つの手法を用いて研究している。古典的なスピン系では、エントロピーを増大させるために低温で秩序化するが、低次元性や量子性はこれを阻害する。またフラストレーションは多縮退度の基底状態をもたらすため、格子歪などの小さな摂動に非常に敏感な系もたす。これらの結果、RVB, VBS, 朝永流体などの各種スピン液体や、秩序は存在するもののスピン液体的性質が色濃く残った状態が出現する。我々は、これら新奇量子状態を実現する物質を合成し、磁化・比熱などの測定を行っている。さらに、大強度中性子源にビームラインを有している利点を生かし、磁気構造決定に不可欠な中性子回折と、 $\mu\text{eV} \sim \text{meV}$ の物質内部のダイナミクスを直接的にプローブする中性子非弾性散乱を用いて、新奇磁性体の静的および動的構造を明らかにする研究を推進している。

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



(a) 細孔性銅金属錯体 CPL1 の結晶構造。(b) 細孔内に吸着し、二量体構造をとる酸素分子。(c) 中性子非弾性散乱で観測された吸着酸素分子の磁気励起。実線は $S=1$ 二量体モデル。

(a) Crystal structure of nanoporous Cu complex CPL1.
(b) Structure of adsorbed oxygen molecule in porous.
(c) Magnetic excitation of the adsorbed oxygen molecules observed by inelastic neutron scattering technique. Solid curve is $S=1$ dimer model.

研究テーマ Research Subjects

1. フラストレート磁性体の磁気構造と磁気励起
Magnetic structure and excitations in frustrated magnets
2. 新規量子磁性体の探索
Search of new quantum magnets
3. 酸素超結晶の磁気励起
Magnetic excitation in supercrystal of oxygen molecule in nanoporous metal complex

四方研究室

Shikata Group



四方 俊幸
Toshiyuki SHIKATA
客員准教授
Visiting Associate Professor

化学結合で生じた通常の高分子ではなく、分子間力によって低分子化合物が生成する疑似高分子を超分子ポリマーと呼ぶ。超分子ポリマーが動的な構造体であることから生じる、通常の高分子には見られない構造と物性の関連の解明を目指している。

親水基と疎水基が分子内でつながった界面活性剤分子は、水中で疎水基が凝集したミセルと呼ばれる分子集合体を形成する。ミセルは普通球形で、それを含む溶液の粘度は低い。しかし、臭化セチルトリメチルアンモニウムの水溶液にサリチル酸ナトリウム等を添加した系では、長い紐状ミセルと呼ばれる超分子ポリマーを形成し、強い粘弾性を呈する。紐状ミセルは、分子間力で生じた分子集合体なので、構成成分の入れ替えが絶えず起こり、その形態も変化する動的な構造体である。我々は、紐状ミセルを含む水溶液の流動下での小角中性子散乱実験を精密に行い、流動場中の紐状ミセルの形態変化についての研究を推進している。

Quasi-polymeric materials formed not by covalent chemical bonds but intermolecular forces are called supramolecular polymers. We have been investigating the relationship between structure and physical properties of such the supramolecular polymers bearing highly time-dependent dynamic structures.

Surfactant molecules which contain hydrophilic and hydrophobic parts in their structures form intermolecular assemblies called micelles in aqueous solution because of association of hydrophobic parts. Usually, micelles have a spherical shape and the viscosity of the micellar solution is not so high. However, a cationic surfactant, cetyltrimethylammonium bromide, forms long supramolecular polymers called threadlike micelles in aqueous solution with sodium salicylate, and the solution shows strong viscoelasticity. Because threadlike micelles are formed by intermolecular association and the constituent molecules are exchanged frequently, the structure of the threadlike micelle is highly dynamic. In this study, we carry out small angle neutron scattering experiments under shear flows (Rheo-SANS) to determine structure changes of threadlike micelles under strong shear flow conditions.

リー研究室

Lee Group



リー スンハン
Seunghun LEE
外国人客員教授
Visiting Professor

主に遷移金属イオンからなる強相関電子系にあらわれるエキゾチックな量子状態に関する研究を行っている。このような物質群は強い電子相関から生じる新奇な電子的・磁気的狀態を探索する機会をもたらす。このような協力的な現象の中でも特に非従来型超伝導、量子フラストレート系におけるスピン液体、マルチフェロイック現象等に興味を持っている。スピンおよび電荷、更には格子および軌道自由度をも持つ電子系の理解にはそれらの自由度がどのように絡み合うかを理解する必要がある。現在研究中の系としては、磁場中で興味深い磁場誘起量子相転移を示す弱く結合したシングレットダイマー系や非従来型超伝導体関連物質が有る。我々の主な実験手段は中性子弾性および非弾性散乱であり、この手法により多体系の応答関数を直接測定する事が出来る。

Our group's main interest is to study emergent quantum exotic states in strongly correlated materials mainly based on transition metal ions. Complex materials provide great opportunities to explore novel electronic and magnetic states, and properties that emerge out of strong correlations of electrons. The collective phenomena of our particular interest include unconventional superconductivities, spin liquid states in quantum and frustrated magnets, and magnetoelectricity in multiferroics, some of which have the potential to be used in technological devices. Electrons have charge and spin, and when they are arranged in a regular lattice in space, electronic orbital and lattice degrees of freedom also need to be considered. Thus understanding the microscopic origins of the collective phenomena of electrons requires understanding how the electronic, spin, orbital, and lattice degrees of freedom are intertwined in the strongly correlated electron systems. The systems that are being studied include weakly coupled quantum spin singlets (dimers) that exhibit magnetic field-induced quantum phase transitions and unconventional superconductivity-related materials. The main experimental techniques that our group uses are elastic and inelastic neutron scattering with which one can directly probe the many body response function.

国際超強磁場科学研究所

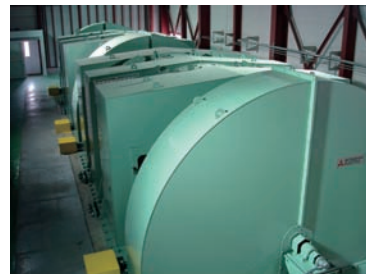
International MegaGauss Science Laboratory

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

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

| | | | |
|---|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| 教授（施設長） Professor (Director) | 金道 浩一 Koichi KINDO | 助教 Research Associate | 近藤 晃弘 Akihiro KONDO |
| 教授 Professor | 嶽山 正二郎 Shojiro TAKEYAMA | 技術専門職員 Technical Associate | 川口 孝志 Koushi KAWAGUCHI |
| 准教授 Associate Professor | 徳永 将史 Masashi TOKUNAGA | 技術専門職員 Technical Associate | 澤部 博信 Hironobu SAWABE |
| 准教授 Associate Professor | 松田 康弘 Yasuhiro MATSUDA | 技術専門職員 Technical Associate | 松尾 晶 Akira MATSUO |
| 准教授* Associate Professor | 長田 俊人 Toshihito OSADA | | |
| 准教授（客員） Visiting Associate Professor | 横井 裕之 Hiroyuki YOKOI | | |
| 教授（外国人客員） Visiting Professor | ドゥボフスキー ヤン Jerzy Jan DUBOWSKI | | |

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



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

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



金道 浩一
Koichi KINDO
教授
Professor

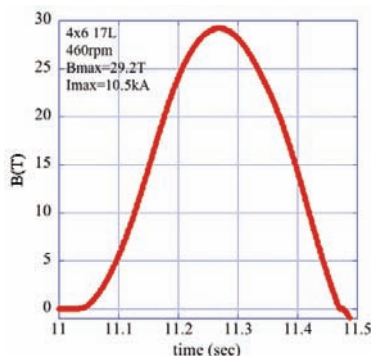


近藤 晃弘
Akihiro KONDO
助教
Research Associate

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。

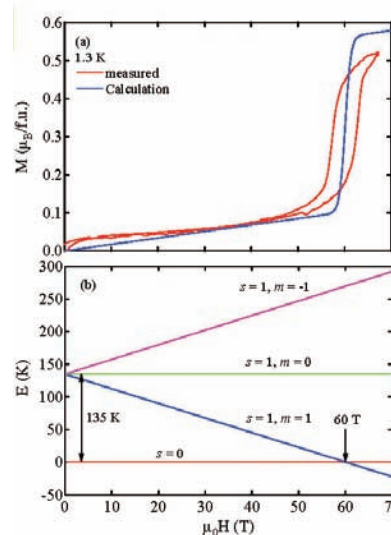


フライホイール付き直流発電機を用いたロングパルスマグネットの磁場波形。
Time dependence of magnetic field by using flywheel-DC generator for long pulsed field

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.



70T マグネットによる LaCoO₃ の磁化過程。
Magnetization process in LaCoO₃ by use of 70 T magnets

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

嶽山研究室

Takeyama Group



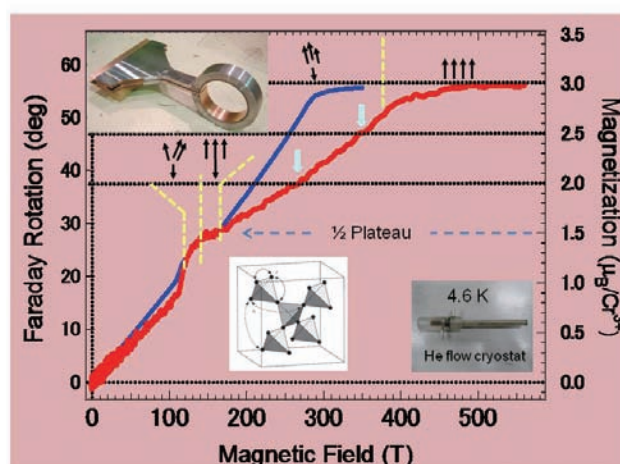
嶽山 正二郎
Shojiro TAKEYAMA
教授
Professor

100 テスラ以上の超強磁場発生技術開発とそのような極限環境下で発現する物性の探索的研究を行っている。磁場の発生方法として、電磁エネルギーを利用して磁束濃縮を行う「電磁濃縮法」と一巻き銅コイルに高速大電流を投入して超強磁場を発生する「一巻きコイル法」を採用している。「電磁濃縮法」では、すでに室内世界最高磁場発生 730 テスラを実現しているが、更に高い磁場発生とより精度と信頼度を高めた物性計測を目指した研究開発を進めている。「一巻きコイル法」では、発生磁場の方向により横および縦型をそれぞれ有し、横型は主にレーザーを用いた磁気光学測定に、縦型では極低温容器と組み合わせた低温磁化測定に用いている。「一巻きコイル法」では再現性と高い測定精度が得られ、およそ 200 テスラまで物性実験を行っている。当研究室では、このような超強磁場量子極限環境下で、カーボンナノチューブや半導体ナノ構造での超強磁場磁気光学、フラストレート量子スピン磁性体などの超強磁場磁化過程の解明などを進めている。

電磁濃縮法により 600 T 近くまで測定されたフラストレートスピネル ZnCr_2O_4 の超強磁場磁化過程。ファラデー回転から得られた。矢印は特徴的な $1/2$ プラトー相より強磁場側で新たに発見された磁気相転移を示す。超強磁場磁気光学測定用に開発された手製の全スタイキャスト製の特殊低温用ミニチュアクライオスタットにより光学測定が 4 K で行えるようになった。低温物性測定では最高磁場の世界記録である。赤が実験値、青が有限温度でのモンテカルロシミュレーションによる理論的予想。

Magnetization of frustrate spinel ZnCr_2O_4 measured by the Faraday rotation method under ultra-high magnetic fields up to 600 T generated by the electro-magnetic flux compression method. Arrows show the new phase transitions above the plateau phase. A handmade miniature optical cryostat made of "stycast" resin enable to achieve a low temperature down to 4 K. The data is again the world record of achieving the highest magnetic fields under such low temperatures. The red line shows the experimental, and the blue one is predicted by a finite temperature Monte Carlo simulation.

We are engaged in developments for generating ultra-high magnetic fields above 100 T, and pursue the solid state science realized under such an extreme condition. We employ two methods for the ultra-high magnetic field generation, one is the electro-magnetic flux compression (EMFC) and the other is the single-turn coil (STC) method. We have established a new world record for the highest indoor magnetic field by the EMFC technique; currently the maximum magnetic field is 730 T. Further developments are underway for achieving much higher fields, more precise and reliable measurements for the solid state physics. The horizontal and vertical STCs are used for more precise measurements up to 200 T, respectively, in accordance with their magnetic field axes. The former is mainly used for magneto-optical measurements by use of lasers, whilst the latter is more suited for the study of low-temperature magnetization in a cryogenic bath. We are conducting the studies on magneto-optics of carbon nano-materials or of semiconductor nano-structures as well as on the high-field magnetization processes of the magnetic materials with highly frustrated quantum spin systems.



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
Technical developments for destructive ultra-high magnetic field magnets and for solid-state physics measurements
2. 超強磁場磁気光学効果
Magneto-optics in ultra-high magnetic fields
3. 超強磁場磁化過程
Magnetization processes of magnetic materials in ultra-high magnetic fields

徳永研究室

Tokunaga Group

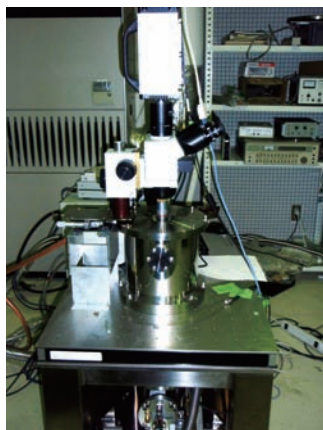


徳永 将史
Masashi TOKUNAGA
准教授
Associate Professor

磁性体に磁場を印加すると磁化が変化する。この自明な変化の他に、磁場中で様々な性質を変える物質群がある。このいわゆる交差相関の効果で起こる非自明な現象は、物質科学の世界に新しい可能性を拓く。我々は50T超級のパルス強磁場発生装置を用いて様々な磁性体・超伝導体の物性測定を行い、物質の未知の世界を探索すべく研究を行っている。

交差相関物質の一例として、磁気秩序を持つ強誘電体(マルチフェロイック物質)における磁場誘起複合相転移を研究している。我々はパルス強磁場を用いた実験により、ペロフスカイト型マンガン酸化物における新規強誘電相の発見、 BiFeO_3 における室温以上の顕著な電気磁気効果の観測などの成果を挙げている。

交差相関物質では磁場中で変化する物理量が多岐に渡るため、それに対応する様々な測定手段が必要になる。我々は磁化、磁気抵抗、磁歪、電気分極、磁気トルクなどの物理量測定に加えて、パルス磁場中におかれた試料の顕微鏡観察という世界初の試みに挑戦している。ハイスピードカメラ搭載の偏光顕微鏡システムを小型パルスマグネットと組み合わせる事で、これまでにマンガン酸化物における電荷・軌道秩序の磁場融解現象や、磁性形状記憶合金における磁場誘起マルテンサイト変態の直接観察に成功している。



Application of a magnetic field changes magnetization. In some kinds of materials, magnetic fields play additional roles except for such a trivial effect. These non-trivial phenomena caused by the so-called cross-correlation effects open novel possibility in the field of material science. We study various magnetic materials and superconductors aiming to realize such novel worlds in condensed matters with utilizing the 50 T super-class pulse magnets.

As one of the cross-correlated phenomena, we study field-induced complex transitions in multiferroic materials, in which ferroelectricity coexists with magnetic ordering. Our researches in pulsed high magnetic fields revealed the presence of a novel multiferroic phase in manganites with perovskite-type structures and clarified the presence of significant magnetoelectric coupling in BiFeO_3 up to 500 K.

Since the cross-correlated materials exhibit changes in various physical properties in magnetic fields, a variety of experimental probes are needed to study their nature. We are developing various experimental probes by ourselves, e.g. probes for magnetization, magnetoresistance, magnetostriction, electric polarization, and magnetic torque. In addition to these standard measurements, we are trying to directly see the samples in pulsed fields. With combining a polarizing microscope equipped with a high-speed camera and a miniature pulse magnet, we succeeded in visualizing the field-induced melting of charge/orbital ordering in manganites, and martensitic transformation in magnetic shape-recovery alloys.

小型パルスマグネットと組み合わせた高速偏光顕微鏡観察システム。マグネットと試料はヘリウム冷凍機で冷却して使用する。

The high-speed polarizing microscopic imaging system combined with a small pulse magnet. The magnet and the sample are cooled down using the closed-cycle cryocooler.

研究テーマ Research Subjects

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

松田康弘研究室

Y. Matsuda Group



松田 康弘
Yasuhiro MATSUDA
准教授
Associate Professor

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。

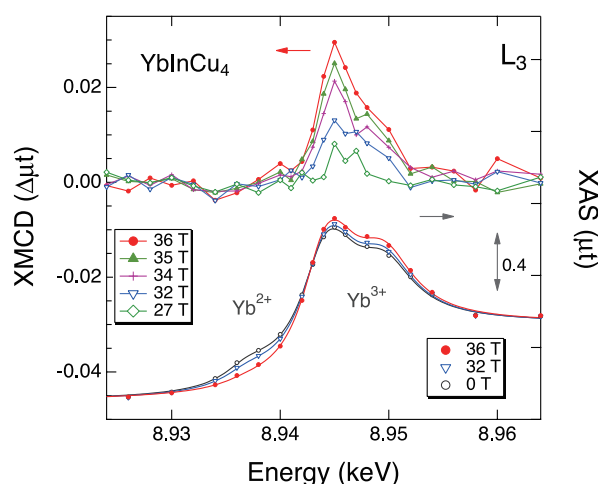
磁場は電子のスピンや軌道運動に直接作用するため、精密な物性制御が可能である。物性研究所の電磁濃縮法は700 テスラ級の超強磁場発生が可能であり、その際のゼーマンエネルギーは温度換算で室温を遙かに超えるため、反強磁性体や非磁性体も含む多くの物質で顕著な磁場効果が期待できる。

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いる。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を行っており、この強磁場X線分光によって、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。

We investigate the electronic and magnetic properties of matters 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.

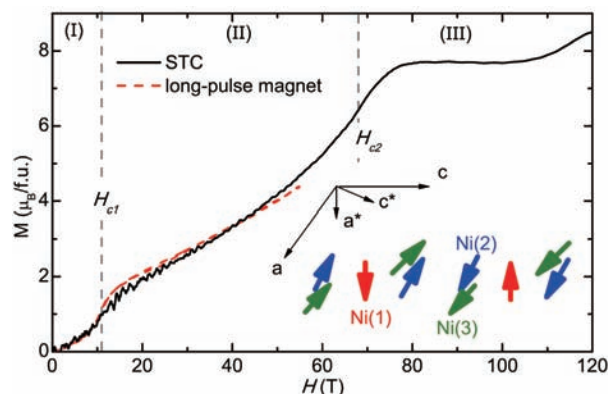
Magnetic field can precisely control the properties of matters through the Zeeman effect and Landau quantization. In ISSP, 700-Tesla magnetic field is generated by the electro-magnetic flux compression method. Since the Zeeman energy in such a high field much exceeds an energy corresponding to a room temperature, significant field effect is expected in several materials including antiferromagnetic or non-magnetic materials.

We also carry out X-ray magneto-spectroscopy in pulsed high magnetic fields using synchrotron X-rays at the SPRING-8 and KEK-PF. Element- and shell-selective X-ray magneto-spectroscopy is expected to develop understanding of microscopic mechanisms of the magnetic-field-induced phenomena.



価数転移物質 YbInCu₄ の L₃ 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。

X-ray absorption spectra (XAS) and X-ray magnetic circular dichroism (XMCD) spectra near Yb L₃-edge in YbInCu₄ at pulsed-magnetic fields up to 36 T.



2次元フラストレートスピン系 Ni₅(TeO₃)₄Br₂ の超強磁場磁化過程。

Ultra-high magnetic field magnetization process in a two-dimensional (2-D) kagome spin-frustrated system Ni₅(TeO₃)₄Br₂.

研究テーマ Research Subjects

1. 超強磁場領域における磁性体の磁場誘起相転移現象
Magnetic-field-induced phase transitions in magnetic materials at megagauss fields
2. 強磁場 X 線 MCD による希土類磁性体の伝導電子-局在電子相関の解明
High-magnetic-field X-ray magnetic circular dichroism study on correlation between conduction and localized electrons in rare-earth compounds
3. 強磁場 X 線吸収分光によるスピncrossオーバー現象の解明
Study on the spin-crossover phenomena by high-magnetic-field X-ray absorption spectroscopy

横井研究室

Yokoi Group



横井 裕之
Hiroyuki YOKOI
客員准教授
Visiting Associate Professor

単層カーボンナノチューブという、黒鉛（グラファイト）の一層のシート（グラフェンシート）が直径 1 nm 程度に丸まった形状の物質に、100 テスラを越える超強磁場をかけることにより、その電子状態を調べている。

単層カーボンナノチューブは理想的な一次元物質であり、その光学特性は電子と正孔が対になって形成される励起子の状態によって決定される。この物質は応用面ばかりでなく、一次元励起子状態について詳細に調査するための格好の物質として、大いに興味を持たれている。特に、発光しない励起子状態の調査において、アハラノフ - ボーム効果を利用すると励起子による光吸収が観測できるようになるため、強力な磁場が重要な実験手段となる。そこで本研究室では、100 テスラ以上の磁場を発生できる 1 マイクロ秒という極短時間に近赤外光吸収スペクトルを観測できる測定システムを開発して、単層カーボンナノチューブ中の励起子状態の解明に取り組んでいる。

We investigate the electronic states of single-walled carbon nanotube, which has a structure of mono-layer of graphene sheet rolled up to a tube with the diameter of about 1 nm, by applying ultra-high magnetic fields above 100 T.

Single-walled carbon nanotube is an ideal one-dimensional material and its optical properties are governed by exciton that is formed with a pair of electron and hole. This material is very interesting not only for the applications but also as a suitable object for precise investigation of the one-dimensional excitonic states. In particular, the high magnetic field is a powerful tool to approach non-radiative excitonic states as the optical absorption by the exciton becomes observable due to the Aharonov-Bohm effect, one of the quantum interference effects. We have developed a very fast near-infrared spectroscopy system with the exposure time of 1 μ sec for the measurements under ultra-high pulsed magnetic fields above 100 T, and apply the measurement system to clarify this issue.

ドウボフスキー研究室

Dubowski Group



ドウボフスキー ヤン
Jan Jerzy DUBOWSKI
外国人客員教授
Visiting Professor

有機膜、ビールス粒子 / 半導体量子界面の強磁場効果。

これまで、III-V 属半導体の量子構造の表面に様々なバイオ分子を付着させ、その光学的な検知というバイオセンサーの開発を行ってきた。有機 - 無機界面の生成および安定性に関する知見を得ることは多様な生態環境の中では一つのインターフェイスの問題として重要であると考ええる。例えば、ビールスの粒子は正の反磁性を有し、定常磁場を用いて、液体中でのビールス微粒子配向制御も可能である。しかしながら、バイオセンサーなどの界面でのビールスの配向に関してはほとんどわかっていない。

無毒化したビールス微粒子と直接に、あるいは免疫物質でリンクして界面結合させた GaAs/GaAlAs 量子井戸の光学スペクトルを通して、その磁場依存性を調べる。パルス強磁場を利用し、発光測定を通しての界面でのキャリア再結合に関する動的な情報を得ることを試みる。また、強磁場によるバイオ分子の選択性という新たな機能発現も期待できると考えている。

High magnetic field study of organic layers and viral particles interfaced with surfaces of quantum semiconductors.

We have been investigating photonic detection of various biomolecules immobilized on surfaces of III-V quantum semiconductors. In this context, the knowledge of the mechanism of the organic-inorganic interface formation and the stability of such an interface in different biological environments is of fundamental importance. For instance, viral nanoparticles are known to have positive diamagnetic properties and their orientation in liquid solutions can be controlled by DC magnetic fields. However, little has been known about the ability to enforce orientation of viruses immobilized on biofunctionalized surfaces.

In the frame of this research, we investigate optical spectroscopy of GaAs/AlGaAs quantum well microstructures interfaced either directly with inactivated viral nanoparticles, or via the link involving a viral antibody. While strong DC fields are used to control the orientation of viral nanoparticles, the semiconductor carrier surface recombination rates (e.g. through the photoluminescence) are measured taking advantage of strong pulsed magnetic fields. Our experiments, in addition to addressing the fundamental knowledge of photonic detection, have the potential to provide important insight into the behaviour of selected biomolecules subjected to the stress of a high magnetic field.

共通施設

Supporting Facilities

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

| | | | |
|--|-----------------------------|-----------------------------------|--|
| 低温委員長 Chairperson Cryogenics service | 榊原 俊郎 Toshiro SAKAKIBARA | 技術専門職員 Technical Associate | 土屋 光 Hikaru TSUCHIYA |
| | | 技 術 職 員 Technical Associate | 鷺山 玲子 Reiko SAGIYAMA |
| 工作委員長 Chairperson Model shop | 金道 浩一 Koichi KINDO | 技 術 専 門 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 | 近藤 真智子 (柏図書館研究情報係所属) Machiko KONDOH |
| | | 一 般 職 員 Administrative Staff | 曾我 典子 (柏図書館研究情報係所属) Noriko SOGA |
| 管理委員長 (ストックルーム) Chairperson Stock room | 上床 美也 Yoshiya UWATOKO | 専 門 職 員 Administrative Staff | 高橋 直久 Nobuhisa TAKAHASHI |
| 国際交流委員長 Chairperson International liaison office | 金道 浩一 Koichi KINDO | 事 務 補 佐 員 Administrative Staff | 亀田 秋子 Akiko KAMEDA |
| | | 事 務 補 佐 員 Administrative Staff | 久保 美穂子 Mihoko KUBO |
| 広報出版委員長 Chairperson Public relations | 加藤 岳生 Takeo KATO | 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

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。2009年度の液体ヘリウムの生産量と供給量はそれぞれ275,000 L、194,800 Lである。液体窒素は外部より購入し、供給している。2009年度の液体窒素の使用量は589,300 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 2009 fiscal year, 275,000 L of liquid helium was produced as a total and 194,800 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 589,300 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 system I (Linde) | 200 L/hr |
| ヘリウム液化装置Ⅱ (リンデ) | Helium liquefier system II (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 金道 浩一 Chairperson: K. KINDO
 技術専門職員 岡部 清信 Technical Associate: K. OKABE
 技術専門職員 山崎 淳 Technical Associate: J. YAMAZAKI
 研究支援推進員 今井 忠雄 Technical Staff: T. IMAI
 研究支援推進員 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 are to protect researchers from irradiation due to radioactive source, X-rays, γ -rays and the like and to provide rooms for radiation experiments and radiochemical operations by use of unsealed U, Th and sealed ^{22}Na source. Various types of survey-meters are provided.

主要設備

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

Main Facilities

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



図書室 Library

図書委員長 金道 浩一 Chairperson : K. KINDO
係長 近藤 真智子 Administrative Staff: M. KONDOH
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 : 62,603 冊（平成 21 年度末現在）
（洋書 56,727 冊、和書 5,876 冊、製本雑誌を含む）
雑誌種類数 : 738 種（洋雑誌 633 種、和雑誌 105 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（事務補佐員含む）
<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/labs/tosyo/>



ストックルーム Stock Room

管理委員長 上床 美也 Chairperson: Y. UWATOKO
専門職員 高橋 直久 Administrative Staff: N. TAKAHASHI

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

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



ストックルーム
Stock Room

国際交流室 International Liaison Office

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

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

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



国際交流室
International Liaison Office

柏キャンパス地図/ Kashiwa Campus Map

物性研究所

The Institute for Solid State Physics

- ① 本館
Main Building
- ② 低温・多重極限実験棟
Cryogenic/Multiple Extreme Conditions Laboratory
- ③ ショートパルス強磁場実験棟
Short Pulse Magnet Laboratory
- ④ 先端分光実験棟
Advanced Spectroscopy Laboratory
- ⑤ 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

宇宙線研究所 ㊟

Institute for Cosmic Ray Research

新領域創成科学研究科

Graduate School of Frontier Sciences

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

数物連携宇宙研究機構

Institute for the Physics and Mathematics of the University of Tsukuba

- ⑭ プレハブ研究棟
Prefabricated Research Building
- ⑮ 本館
Main Building

大気海洋研究所

Atmosphere and Ocean Research Institute

- ⑯ 本館
Main Building
- ⑰ 大気海洋観測機器棟
Observation warehouse

総合研究棟 ㊟

General Research Building

総合研究実験棟 ㊟ (仮称・建設中)

General Research Laboratory (under construction)

共用施設

Supporting Facilities

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

■附属軌道放射研究施設播磨分室 (SPring-8 内)

Harima Branch of Synchrotron
Radiation Laboratory

〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1

1-1-1 Kouto, Sayo-cho, Sayo-gun, Hyogo 679-5198

TEL : (0791) 58-0802

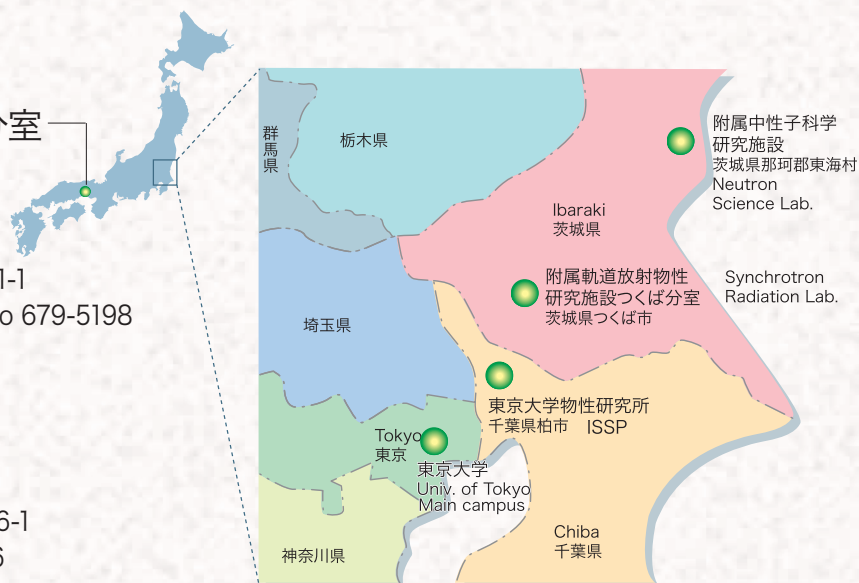
■附属中性子科学研究施設

Neutron Science Laboratory

〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方 106-1

106-1 Shirakata, Tokai, Ibaraki 319-1106

TEL : (029) 287-8900



東京大学物性研究所要覧
2010 年 11 月



I S S P

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

