

東京大学

2006

物性研究所



THE INSTITUTE FOR SOLID STATE PHYSICS

THE UNIVERSITY OF TOKYO



2 ご挨拶
Preface

4 沿革
History

6 年表
Chronology

8 組織・運営
Organization/Administration

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

12 教育・論文
Education/Publication

13 予算・職員
Budget/Staff Members

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

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

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

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

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

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

81 共通施設
Supporting Facilities

86 柏キャンパス地図
Kashiwa Campus Map





ご挨拶

ここに、2006年版の東京大学物性研究所要覧をお送りします。物性研究所は1957年に創立されて以来49年を経て、柏新キャンパスで21世紀の研究活動を開始しています。この要覧は、物性研究所を知っていただくためにその歴史や、組織などの概要をご紹介しますとともに、各研究室と研究支援施設の研究内容など現在の活動状況をまとめることを目的として毎年発行されています。

物性研究は物理学、化学、材料学などの境界領域に属し、現代の物質科学の基礎的な部分を担っています。物質の示す多様な性質、またそれらが様々な環境下で示す一見不可思議で驚きに満ちた諸現象を解明する物性研究は、人類の知的地平を切り開く学問の最前線の一つです。物性研究は基礎科学として重要なばかりでなく、そこから誕生した磁性体、半導体、超伝導体などが情報技術をはじめとする現代の科学技術を支えています。いわゆるナノサイエンス、ナノテクノロジーは、物性研究における基礎研究から応用技術への展開の最も典型的な例とすることができます。

物質の性質を原子・分子、さらにはそれらを構成する原子核・電子といったミクロな観点から理解しようとする科学はいわゆる固体物理学を典型として発展してきましたが、最近では複雑系、あるいはランダム系といったソフトマターと呼ばれる領域も大きな研究分野として重要な位置を占めるようになってきました。こうした研究の流れは、将来的にはタンパク質などの生体物質系にも及ぶものと期待されます。実際そうした研究の芽は既に現れ始めています。

東京大学に附置された全国共同利用機関として約半世紀に及ぶ物質科学のセンターとして活動してきた実績の上に立って、物性研究所は新しい研究分野へも取り組んで行きたいと考えています。



Preface

This is the 2006 edition of the annual report of the Institute for Solid State Physics, the University of Tokyo. Our Institute, established forty-nine years ago in 1957, has started its research activities in the new Kashiwa campus since the turn of the century. This report not only briefly summarizes both history and organization of our Institute but also conveys its present status by collecting activities of laboratories and supporting sections.

Condensed matter research, dealing with interdisciplinary areas of physics, chemistry and materials science, constitutes the fundamentals of current material science. Since it enables us to understand diversity of materials and seemingly inscrutable surprising phenomena that manifest themselves in a variety of circumstances, it is one of the frontiers of intellectual horizons of human being. Besides such an aspect of basic science, it also plays an important role in fostering modern technologies such as information technology by applications of magnetic materials, semiconductors and superconductors all of which were born in this research area. Specifically it may be mentioned that the so-called nanoscience and nanotechnology representatively illustrate how the basic research in materials science develops into the modern technological application.

The main field of material science has been so-called solid state physics in which properties of materials are investigated microscopically in terms of atoms and molecules or even their components, namely, nuclei and electrons. Recently, however, not only these hard materials but also soft ones including complex systems and random ones are getting important and forming large research subfields. In future, we envisage that materials science will include biological materials like proteins as one of its main streams. In fact there have already been seminal works in the direction.

Based on the half-century activities as a national center of cooperative researches, the Institute for Solid State Physics will continue our effort to evolve into a worldwide center in the field of material science including the new directions.



所長 Director

上田 和夫

UEDA Kazuo

沿革

第1期(昭和32年～昭和55年)

量子論に基づいた物質の物理的・化学的性質に関する学問が日本でも昭和初期に盛んになり、戦時中という状況下でも物性論研究が意欲的に進められていた。しかし、終戦後の経済全般の荒廃の中で、研究機関の窮状は甚だしく、世界的水準には遠く及ばないものであった。昭和25年の湯川秀樹博士のノーベル賞受賞を契機として、科学技術発展への機運が高まり、研究者が共同で利用できる研究所設立の動きが起こり、学会から国に対して勧告が出された。それを受けて、昭和28年京都大学基礎物理研究所設立、昭和30年東京大学原子核研究所設立、昭和32年東京大学物性研究所設立、となった。初代研究所長として、物性研究所は設立準備段階から関わった茅誠司を迎えた(後東京大学総長)。物性科学の基礎研究者ばかりでなく、工業界からの期待も背負って、物性科学研究の世界的水準への引き上げと同時に、全国共同利用研究所として日本中の研究者への研究環境の提供という大きな目的を課せられた。

当初の20部門(後22部門)*には物理・化学・工学の研究者がその分野を越えて集められ、大型計算機室やヘリウム液化室を含む10実験室**、工作室、エレクトロショッパ、共同利用宿泊施設という陣容に日本全国の物性研究者の希望が託された。さらに昭和50年には軌道放射物性実験施設が加わった。

物性科学の跳躍的發展が応用技術を媒体として、日本の経済復興に密接に結びついている歴史を振り返ると、この時期の物性研究所の果たした役割には多大なものがある。

* 電波分光・理論・結晶・誘電体・光物性・極低温・磁気・半導体・分子格子欠陥・塑性・放射線物性・結晶・理論・固体核物性・界面物性・磁気・非晶体(無機物性)・超高压・理論・中性子回折・固体物性(客員):設置順

** 低温液化室・化学分析室・試料作成室・電子顕微鏡室・超高压共通実験室・強磁場実験室・共通放射線実験室(RI)・電子計算機室・中性子回折共通実験室・サイクロトロン実験室

第2期(昭和55年～平成8年)

科学技術の急速な発展と経済の復興にともない、全国の大学の物性研究環境も整ってきた。設立以来20年を経過した物性研究所は、将来計画が議論され、大幅な変革がなされた。研究所の拡張・組織増ではなく、研究所の体制あるいは体質改善、即ち、物性研究の網羅ではなく、重点化と機動性を図る基本方針が決定され、次のように改組された。

1. 極限物性部門(超強磁場・超低温・極限レーザー・超高压・表面) 2. 軌道放射物性部門 3. 中性子回折物性部門 4. 凝縮系部門 5. 理論部門 6. 付属実験施設: 軌道放射物性研究施設・中性子散乱研究施設、7. 共通実験室(低温液化室・化学分析室・試料作成室・電

子顕微鏡室・共通放射線実験室(RI)・電子計算機室・工作室)の5大部門制と2施設への移行が実施され、そして、客員部門も増設され、大型装置を利用したの共同利用研究も推進された。

極限物性部門は極限物性研究のための独自技術開発に重点をおき、世界的な極限值での実験環境を実現させた。軌道放射部門では田無キャンパスにあった既存の実験施設以外に、高エネルギー物理学研究所の放射光施設に物性研究所分室を設け、高精度・高分解能の放射光物性実験設備を設置し、共同利用に提供した。そして、新たな高輝度光源計画を立案することとなった。中性子部門では日米科学協力協定を結んで、ブルックヘブン研究所及びオークリッジ研究所に物性研究所の実験装置を設置し、実績を上げた。また日本原子力研究所の研究用3号炉の改造に伴い、東海村の中性子散乱研究設備の大幅な性能向上が図られ、東海村共同利用宿泊施設とともに、全国の中性子物性グループに実験環境を提供した。理論部門と凝縮系部門は自由な発想による研究と新たな萌芽の育成を目的にして研究室単位で運営された。その中で高温超伝導研究の進展から、新物質開発計画が提唱され、化学分析室と試料作成室を統合した物質開発室が平成元年新物質開発部門に発展した。

部門制への移行で、よりダイナミックに研究が展開され、先端研究と共同利用という二つの目的を遂行した。

第3期(平成8年～平成18年)

政府関係機関の地方移転の促進が唱えられ、その一環として物性研究所の移転が要請された。この状況を踏まえて移転を前提とした新たな将来構想が検討された。第3期では物質科学の総合的研究を展開し、物性研究の国際的拠点を目指すこととなった。物性科学研究の基本である、1. 物質軸 2. 研究手法軸 3. 概念軸 という三軸が有機的に関連して全体を構成するように改組された。

1. 新物質科学研究部門 2. 物性理論研究部門 3. 先端領域研究部門(平成16年ナノスケール物性研究部門に変更) 4. 極限環境物性部門 5. 先端分光研究部門、6. 付属施設: 中性子散乱研究施設(平成15年中性子科学研究施設に改組)、軌道放射物性研究施設、物質設計評価施設、国際強磁場実験施設(18年度設置) 7. 共通実験室(工作室・液化室・放射線管理室)

平成12年、43年間活動を展開した六本木キャンパスから、東京大学柏キャンパスへ全面移転が完了した。平成16年に国立大学法人東京大学になり、より開かれた研究所としての活動を期待されている。

History

The first period (1957-1980)

Physical and chemical properties of materials were studied actively in Japan before and even during World War II. After the end of World War II, however, the research activity in Japan could not regain the international level, because of the difficult conditions in existing research institutes. In order to promote the development of science and technology in Japan, a movement arose for the establishment of a central laboratory of material science. Based upon a recommendation of the Science Council of Japan, the Institute for Solid State Physics (ISSP) was established in 1957. The original mission of ISSP was to bring the level of scientific research in Japan back to the international level and to share its facilities with all domestic researchers. At establishment, ISSP started with 20 divisions (later increased to 22 divisions), ten experimental facilities (including the Computer Center and Cryogenic Service Laboratory), and three supporting facilities. In addition, the Synchrotron Radiation Laboratory was founded in 1975.

The second period (1980-1996)

Accompanied by rapid development of science and technology and economic recovery in Japan, universities had built up their own well-equipped facilities. Twenty years after the establishment of ISSP, the need to reorganize ISSP was discussed. The research system of ISSP was changed not only to extend research areas but also to improve mobility in research projects aiming intensive studies on up-to-date research subjects. After the reorganization, ISSP had five divisions and two research facilities.

The Division of Physics in Extreme Conditions aimed to develop original techniques, and succeeded in realizing extreme experimental conditions of the world-record class. The Division of Synchrotron Radiation maintained the high-resolution spectroscopy facility in the Photon Factory at the High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

in addition to the facility in Tanashi Campus of the University of Tokyo. The Division of Neutron Diffraction maintained experimental facilities in the Brookhaven and Oak Ridge National Laboratories. During renovation of the research reactor of the Japan Atomic Energy Research Institute, the Neutron scattering facility of ISSP in Tokaimura was significantly improved. These facilities were operated on the basis of joint research, open for domestic researchers, and produced remarkable achievements. The Condensed Matter Division and the Theory Division maintained small groups motivated by individual interests and ideas. These groups were consolidated in a Material Development Division in 1989 with the aim of exploring new materials and their novel properties.

The third period (1996-the present)

In the context of transference of public institutes away from the capital, the relocation of ISSP was required. In connection with the relocation, a new project aiming for an international research center supporting wide areas of material science was considered. The divisions and laboratories were reorganized, focusing on materials, methods, and research concepts. Currently, ISSP has five research divisions (New Material Science, Condensed Matter Theory, Nanoscale Science, Physics in Extreme Conditions, and Advanced Spectroscopy) and four research facilities (Neutron Science, Synchrotron Radiation, Material Design and Characterization, and International MegaGauss Science).

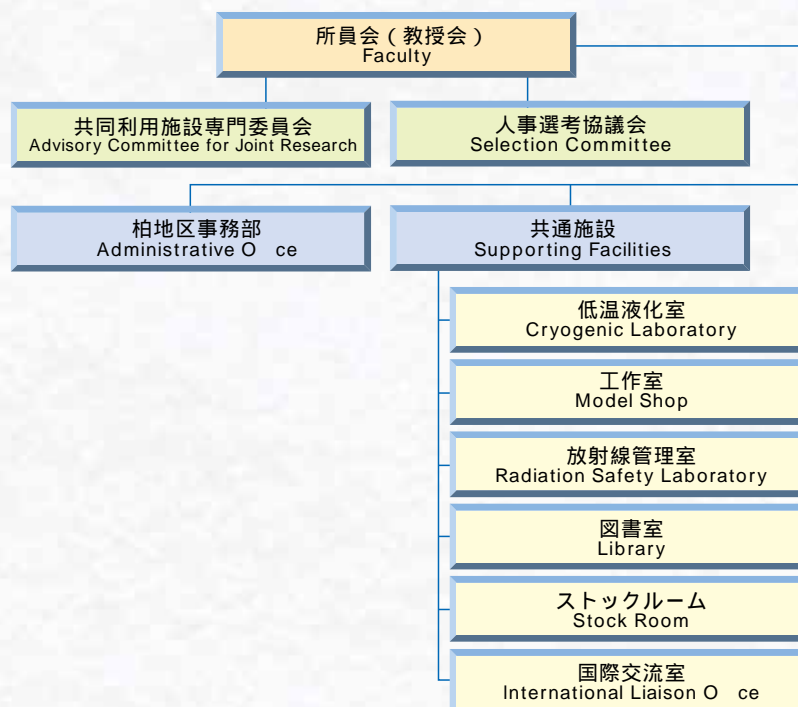
The activity of ISSP in Roppongi finished 43 years after the establishment. The relocation to Kashiwa campus was completed in 2000. Meanwhile the University of Tokyo was transformed into a national university corporation in 2004. Now, ISSP is expected to play a new role as a joint research laboratory in a university corporation.

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 the 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
The Solid Materials division was renamed as the Inorganic Materials division
- 昭和44年 1969 共同利用研究員宿泊施設竣工
Guest house completed
中性子回折部門増設
Opening of the 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 the Solid State division (visiting station), 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 the Synchrotron Radiation Laboratory
- 昭和54年 1979 超低温物性研究棟竣工
The 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 Station Division
- 昭和57年 1982 超強磁場・極限レーザー実験棟竣工
The Ultra-High Magnetic Field Laboratory and the Laser Laboratory building completed

平成元年	1989	<p>新物質開発部門（時限10年）が増設され、6大部門となる</p> <p>Opening of the Materials Development Division</p> <p>第1回ISSP国際シンポジウム「有機超伝導体の物理と化学」開催（以降数年ごとに開催）</p> <p>The 1st ISSP International Symposium on "The Physics and Chemistry of Organic Superconductors"</p>
平成5年	1993	<p>中性子散乱研究施設の新設</p> <p>Foundation of the Neutron Scattering Laboratory</p>
平成6年	1994	<p>中性子散乱研究施設共同研究員宿泊施設竣工</p> <p>Guest house for visitors to the neutron scattering laboratory completed</p>
平成7年	1995	<p>外部評価が実施される</p> <p>Evaluation of scientific achievements of ISSP by the external committee</p>
平成8年	1996	<p>新物質科学、物性理論、先端領域、極限環境物性、先端分光の5大研究部門と軌道放射研究施設、中性子散乱研究施設に新たに物質設計評価施設を加えた3施設に再編される</p> <p>Reorganization into five divisions; New Materials Science, Condensed Matter Theory, Frontier Areas Research, Physics in Extreme Conditions and Advanced Spectroscopy divisions, and three facilities; Synchrotron Radiation, Neutron Scattering and Materials Design and Characterization Laboratories</p> <p>東京大学柏キャンパスにおける物性研究所実験棟一部着工</p> <p>Construction of the new ISSP buildings at Kashiwa started</p>
平成9年	1997	<p>中性子散乱研究施設で外部評価が実施される</p> <p>Evaluation of activities of the Neutron Scattering Laboratory by the external committee</p>
平成11年	1999	<p>柏キャンパスへの移転開始</p> <p>Relocation to the Kashiwa campus started</p>
平成12年	2000	<p>移転完了</p> <p>Relocation completed</p>
平成13年	2001	<p>外国人客員新設</p> <p>Opening of foreign visiting professorship</p>
平成15年	2003	<p>中性子散乱研究施設が中性子科学研究施設に改組</p> <p>Reorganization to the Neutron Science Laboratory from the Neutron Scattering Laboratory</p> <p>物質設計評価施設で外部評価が実施される</p> <p>Evaluation of activities of the Material Design and Characterization Laboratory by the external committee</p>
平成16年	2004	<p>東京大学が国立大学法人東京大学となる</p> <p>The University of Tokyo has become a national university corporation</p> <p>先端領域研究部門をナノスケール物性研究部門に名称変更</p> <p>Division of Frontier Areas Research was renamed as Division of Nanoscale Science</p>
平成17年	2005	<p>外部評価が実施される</p> <p>Evaluation of scientific achievements of ISSP by the external committee</p>
平成18年	2006	<p>国際超強磁場科学研究施設の新設</p> <p>Foundation of the International MegaGauss Science Laboratory</p>

組織 Organization

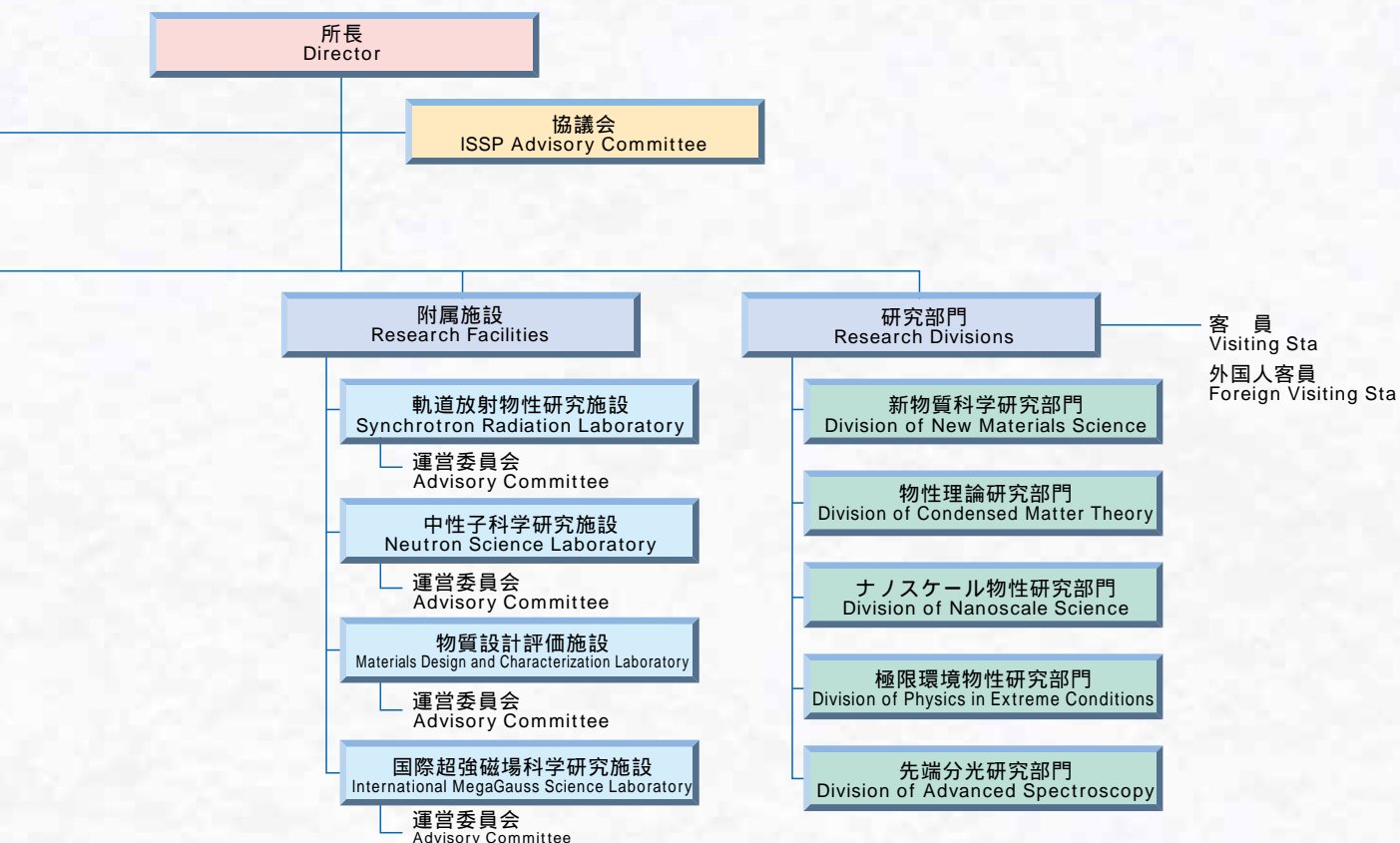


運営 Administration

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

物性研究所の研究体制は5研究部門、4研究施設、客員部門、外国人客員部門よりなる。このうち軌道放射物性研究施設に関しては茨城県つくば市の高エネルギー加速器研究機構内に施設分室が置かれており、中性子科学研究施設の実験装置は茨城県東海村の日本原子力研究所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、助教授、助手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 for all domestic researches participating in joint research. The administrative decisions are made at the faculty meeting chaired by the director and attended by professors and associate professors. The ISSP Advisory Committee, consisting of nearly equal members from and outside of the University of Tokyo to represent the interest of the outside users, gives advises 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, the Synchrotron Radiation Laboratory has a branch in the High Energy Accelerator Research Organization (KEK), Tsukuba, Ibaraki and the Neutron Science Laboratory maintains apparatus installed at the research reactor in the Japan

Atomic Energy Research Institute, 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. A part of position has its own finite term 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。

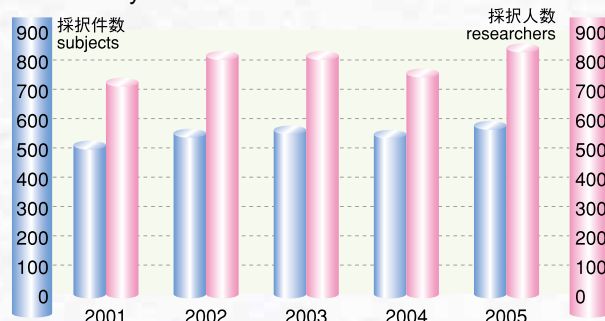
1. 共同利用 所外研究者が本所の施設を使って研究を行いたい場合に、その便宜を図るための制度である。受け入れについては「共同研究」と「施設利用」の2つの形態がある。
2. 留学研究員 大学、官庁などの研究機関に在籍する若い研究者に対し、長期にわたる本所への留学の機会を提供する制度である。本所の所員の指導のもとで半年以上研究を行う大学院生を対象とした長期留学研究員と、新技術の習得などを目的として滞在する若手研究者のための短期留学研究員の制度がある。
3. 嘱託研究員 所外研究者に本所の研究計画ならびに共同研究の遂行上必要な研究を嘱託し、あわせて本所施設の利用の便宜を図るための制度で、期間は6ヶ月以内としている。

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。

年間を通じて物性研究所に来所する研究者の延べ人数はおよそ 14,300 人・日（2002 年度統計）である。

The facilities of ISSP are open to domestic researchers, who are encouraged to submit joint research proposals. In addition, the ISSP provides opportunities for young scientist including graduate students across the country to do research for extended periods. The 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 (single 28, twin 2 rooms).

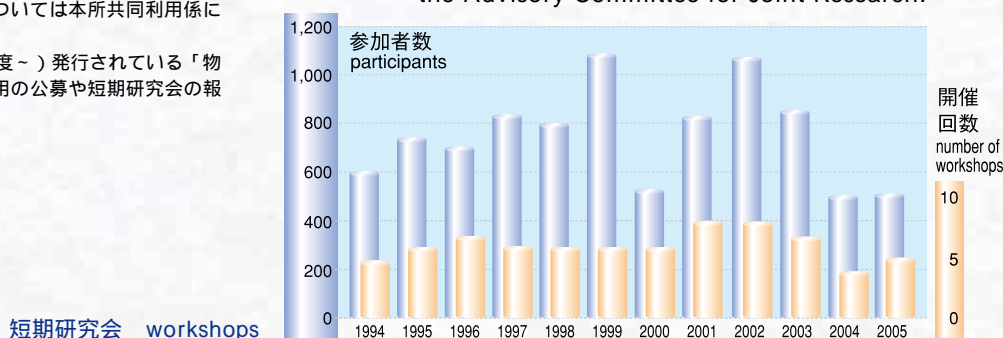
短期研究会 Workshop

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。

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。

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 from researchers over the country and selected by the Advisory Committee for Joint Research.



短期研究会 workshops

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

物性研究所は国際交流のセンターとしても重要な役割を担っている。1989 年から始まった ISSP 国際シンポジウムのテーマおよび参加者数が表に示されているが、今後も約 2 年に 1 回の開催が予定されている。また物性研究所の特徴ある設備を活用した国際共同研究も活発に行われており、文部科学省の外国人研究員制度が利用されている。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。2003 年からは少し規模の小さい ISSP 国際ワークショップも始まった。



ISSP plays an important role as an international center of condensed matter science. The table shows the title and the number of participants of the ISSP International Symposium, which started in 1989 and is scheduled once in about every two years. The unique facilities of ISSP have been used in many international collaborations. Many foreign researchers have been spending their early careers at ISSP supported by various fellowship programs sponsored by the Japan Society for Promotion of Science, the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, and other agencies. ISSP has also been coordinating the Japan-US cooperative research program on neutron scattering since 1981. A smaller scale international meeting, the ISSP international workshop, started in 2003.

	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 2 回 2nd	酸化物超伝導体の物理と化学 The Physics and Chemistry of Cuprate Superconductors	1991.1.16 - 18	258 (11)
第 3 回 3rd	固体表面における動的過程 Dynamical Processes at Solid Surface	1992.4.21 - 23	162 (23)
第 4 回 4th	強磁場における最前線 Frontiers in High Magnetic Field	1993.11.10 - 12	191 (38)
第 5 回 5th	レーザー物理と分光学の最前線 Frontiers in Laser Physics and Spectroscopy	1995.11.8 - 10	182 (22)
第 6 回 6th	高輝度光源を利用した物性研究の最前線 Frontiers in Synchrotron Radiation Spectroscopy	1997.10.27 - 30	106 (21)
第 7 回 7th	中性子散乱を利用した物性研究の最前線 Frontiers in Neutron Scattering Research	1998.11.24 - 27	130 (20)
第 8 回 8th	強相関電子系研究の最前線 Correlated Electrons	2001.10.2 - 5	200 (25)
第 9 回 9th	量子凝縮系研究の新展開 Quantum Condensed System	2004.11.16 - 19	120 (23)

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)
第 1 回 1st	メソ系及び低次元系での量子輸送 Quantum Transport in Mesoscopic Scale and Low Dimensions	2003.8.13 - 21	130 (20)
第 2 回 2nd	ゲルシンポジウム Gel Symposium	2003.11.18 - 21	150 (15)
第 3 回 3rd	計算物理による量子臨界現象へのアプローチ Computational Approaches to Quantum Critical Phenomena	2006.7.17 ~ 8.11	100 (15)

ISSP 国際ワークショップ ISSP International Workshop

教育 / Education

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

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

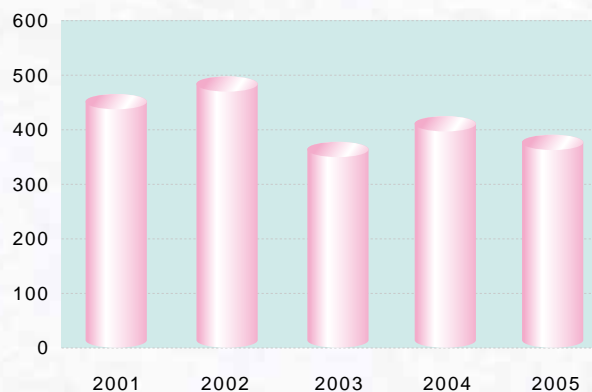
	修士課程 Master Course				博士課程 Doctor Course			
	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
物理学専攻 Physics	31	27	39	54	19	24	20	29
化学専攻 Chemistry	2	5	9	8	6	6	6	3
地球惑星科学専攻 Earth & Planet. Sci.	3	1	1	2	0	1	1	1
物理工学専攻 App. Phys.	14	12	12	12	12	9	10	7
物質系専攻 Advanced Materials	27	30	38	39	8	9	10	8
合 計	77	74	99	115	45	49	47	48

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。2005 年度の学術文献 386 編の内訳は、学術論文 299、会議録 46、解説記事 30、本（または本の一部）11 となっている。

About 350 to 500 scientific issues are published through annual activity in ISSP. The 386 articles published in 2005 consist of 299 papers in refereed journals, 46 proceedings, 30 reviews, 11 books.

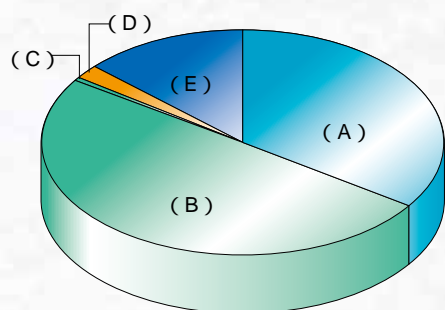


年間発表論文数（プロシーディング・解説記事含む）
Number of Scientific Papers (including proceedings and reviews)



予算 / BUDGET

平成17年度(2005 fiscal year)



- (A) 人件費：文部科学省より
- (B) 物件費：文部科学省より
- (C) 奨学寄付金：民間等より
- (D) 受託研究・共同研究：民間・他省庁等より
- (E) 科学研究費：文部科学省より

- (A) Regular Budget (Personnel) from Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology
- (B) Regular Budget (Non-Personnel) from Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology
- (C) Grant-in-Aid from Private Industries
- (D) Grant-in-Aid from Governmental Agencies and Private Industries
- (E) Grant-in-Aid from Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, etc.

	(A) 人件費	(B) 物件費	(C) 奨学寄付金	(D) 受託研究・共同研究	(E) 科学研究費	計 Total
平成17年度(2005)	1,374,411	1,982,397	18,090	80,620	528,100	3,983,618
平成16年度(2004)	1,341,540	2,162,225	13,180	69,574	448,100	4,034,619
平成15年度(2003)	1,502,097	2,130,210	21,950	149,079	348,500	4,151,836
平成14年度(2002)	1,527,173	2,237,894	6,584	61,352	344,700	4,177,703
平成13年度(2001)	1,571,857	2,095,185	14,376	112,369	258,000	4,051,787
平成12年度(2000)	1,543,996	2,230,226	8,501	112,237	216,873	4,111,833
平成11年度(1999)	1,528,833	2,056,445	19,298	100,200	192,600	3,897,376

予算額の推移

(単位：千円) (Unit : Thousand Yen)



教職員数 / Staff Members

平成18年度採用可能数は、以下のとおりである。なお、()内は客員。

FY2006 Number of sta s () : visiting sta

	教授 Professors	助教授 Associate Professors	助手 Research Associattes	技術職員 Technial Associates	事務職員(柏地区全体) Administrative O cials	合計 Total
定員 Number of sta s	24 (4)	28 (4)	40	36	69	197 (8)

新物質科学研究所

Division of New Materials Science

酸化物高温超伝導体、フラーレンやカーボンナノチューブ、有機伝導体などの例に見られるように、「新物質」の発見はこれまでに何度となく物質科学の新しい局面を開いてきた。新奇な物性現象の発見はまた将来の新しい素材やデバイスの開発にもつながる。新物質科学研究所では、新しい物質を合成し、高度な技術を用いてその性質を測定することにより、新しい物質観につながる物性現象を発見し解明することを目標としている。当部門は現在6つの研究室から成り、各研究室は自由な発想のもとに高品質の試料作成や精密物性測定、新しい物性測定技術の開発などを行いつつ、物性測定グループと試料作成グループとの部門枠を越えた連携も心がけている。特に物質設計評価施設とは強い協力関係を保ちながら研究を推進している。当部門では現在、遷移金属酸化物、重い電子系物質、有機伝導体など強い電子相関を示す物質におけるスピン、軌道、電荷の秩序や揺らぎの効果をもたらす多彩な現象の解明を主要なテーマの1つとしており、高圧下における物質合成や構造解析、極低温における輸送現象測定、精密磁化・比熱測定、核磁気共鳴、光学伝導度などにおいて高度な実験技術を駆使した研究が進められている。

Discoveries of new materials have often opened new horizons in materials science. High temperature oxide superconductors, carbon clusters and nanotubes, and organic conductors are good examples. New materials also lead to the future development of new devices and technologies. The goal of the Division of New Materials Science is to uncover novel phenomena that lead to new concepts of matter, through combined efforts of search, synthesis and characterization of new materials. Currently, our division consists of six 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	助手 Research Associate	岡田 卓 Taku OKADA
教授 Professor	瀧川 仁 Masashi TAKIGAWA	助手 Research Associate	吉田 誠 Makoto YOSHIDA
		助手 Research Associate	井澤 公一 Koichi IZAWA
教授 Professor	榊原 俊郎 Toshiro SAKAKIBARA	助手 Research Associate	田山 孝 Takashi TAYAMA
		助手 Research Associate	三田村 裕幸 Hiroyuki MITAMURA
助教授 Associate Professor	田島 裕之 Hiroyuki TAJIMA	助手 Research Associate	松田 真生 Masaki MATSUDA
助教授 Associate Professor	森 初果 Hatsumi MORI	教務職員 Technical Associate	村山 千壽子 Chizuko MURAYAMA
助教授 Associate Professor	中辻 知 Satoru NAKATSUJI	技術専門職員 Technical Associate	後藤 弘匡 Hirotada GOTO



新物質科学研究部門 Division of New Materials Science
<http://yagi.issp.u-tokyo.ac.jp>

八木研究室

Yagi Group

教授	八木 健彦
Professor	Takehiko YAGI
助手	岡田 卓
Research Associate	Taku OKADA

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。

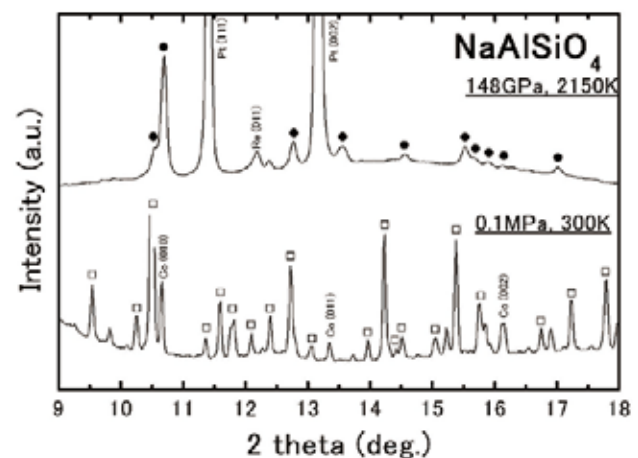
1 気圧下でわれわれが見ている「物質」は、それが本来持つ多様な側面のひとつに過ぎず、物質の真の理解には広い圧力領域での研究が不可欠である。本研究室では、超高压高温下における X 線回折実験や物性実験、回収試料の電子顕微鏡観察などを通して、物質の多様な姿を明らかにすると共に、高圧力を利用して、常圧下では作ることができない新しい物質を合成したり、地球や惑星の深部に存在すると考えられている物質の構造や性質を明らかにする研究を推進している。



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



新物質科学研究部門 Division of New Materials Science
http://masashi.issp.u-tokyo.ac.jp

瀧川研究室

Takigawa Group

教授
Professor

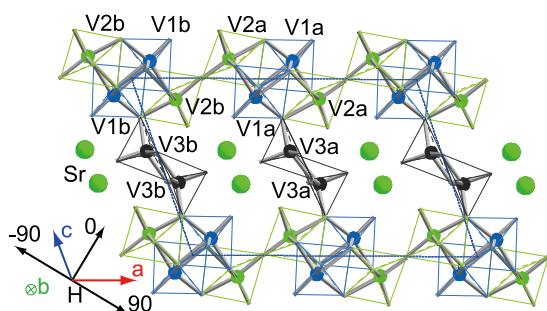
瀧川 仁
Masashi TAKIGAWA

助手
Research Associate

吉田 誠
Makoto YOSHIDA

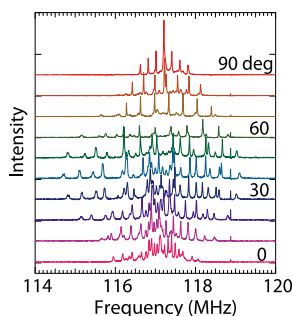
核磁気共鳴法 (NMR) を主な実験手段として、固体内の強い電子間相互作用に起因する現象を研究している。強相関電子系では、超伝導、強 (反強) 磁性、電荷秩序、軌道秩序といった多彩な秩序状態が拮抗しており、磁場・圧力などの外的条件を変えることでこれらの間の量子相転移が起こり得る。原子核は固有の磁気モーメントや電気四重極モーメントを持っており、これらは周囲の電子が作る磁場や電場勾配を感じている。このためNMRは、固体内電子のスピン、電荷、軌道などの自由度が絡み合っ て現れる特異な秩序状態や揺らぎの性質を、ミクロに探る有力な実験手段となる。我々は色々な特色を持つパルスNMR測定装置を整備し、低温・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



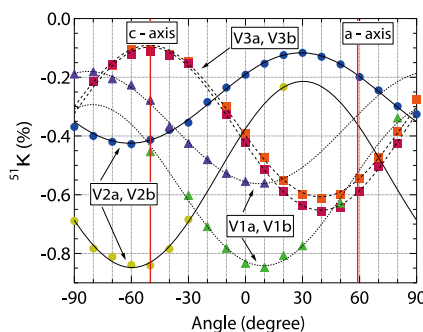
金属絶縁体転移を示す擬1次元伝導体 β - $\text{Sr}_{0.33}\text{V}_2\text{O}_5$ の高温金属相における結晶構造。b 軸方向に2倍周期でSrが秩序化することにより、6種類のバナジウムサイトが生じる。

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



新物質科学研究部門 Division of New Materials Science
<http://sakaki.issp.u-tokyo.ac.jp>

榊原研究室

Sakakibara Group

教授	榊原 俊郎
Professor	Toshiro SAKAKIBARA
助手	田山 孝
Research Associate	Takashi TAYAMA
助手	三田村 裕幸
Research Associate	Hiroyuki MITAMURA

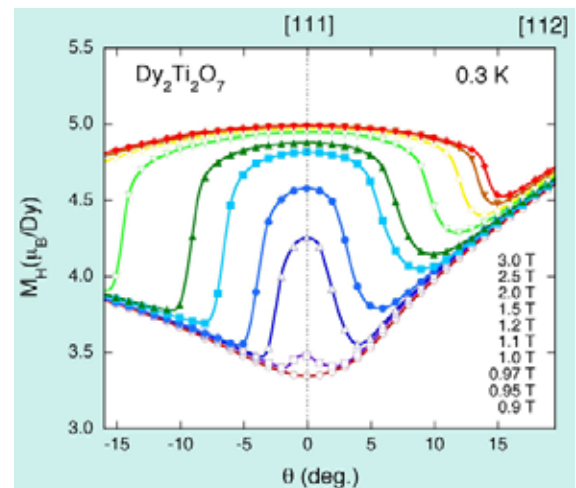
物質の示す磁気現象は広い温度範囲にわたっている。その中で重い電子系などある種の物質系では1ケルビンよりも遙かに低い温度領域で興味深い性質を示す場合がある。このような温度領域では通常の磁気測定手段を適用することが困難なため未開拓の課題も多く、新しい物性現象が期待される。当研究室ではこのような低い特性温度を持つ様々な物質系の磁気物性の研究を行っている。具体的にはf電子化合物や重い電子系、量子スピン系およびフラストレートスピン系などが研究対象で、磁化や比熱測定を主な実験手段として研究している。この目的のために、我々は30ミリケルビンの極低温まで磁化測定が可能な高感度の磁力計や、様々な磁気異方性の検出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

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.



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

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



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

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

研究テーマ Research Subjects

1. 重い電子化合物の磁性と超伝導
Magnetism and superconductivity in heavy electron systems
2. 希土類化合物における多重極秩序
Multipole orderings in f electron systems
3. フラストレートスピン系の基底状態
Ground state properties of geometrically frustrated spin systems
4. 量子スピン系の基底状態
Ground state properties of quantum spin systems



新物質科学研究部門 Division of New Materials Science
<http://tajima.issp.u-tokyo.ac.jp>

田島研究室

Tajima Group

助教授 Associate Professor 田島 裕之 Hiroiyuki TAJIMA
 助手 Research Associate 松田 真生 Masaki MATSUDA

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。

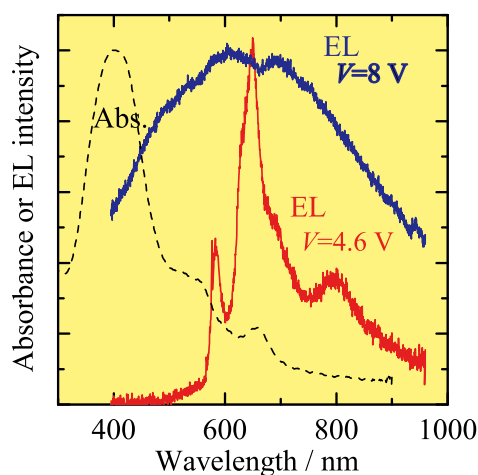
有機薄膜の研究では、特に MIM (Metal-Insulator-Metal) 接合に興味を持っている。この接合は、最も単純なナノデバイスであるとともに、電界発光、光起電力をはじめとする各種現象が知られている。また接合に用いる金属、有機薄膜の種類を変えることにより、無限のバリエーションが可能である。われわれは、生体関連物質を用いた、EL 素子 (BIODE) の作製に 2003 年に初めて成功した。電界発光の実験では、この成果を受けて、ポルフィリン化合物を含む各種生体関連物質を用いた研究を進めている。

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、伝導を担う電子と磁性を担う d 電子の競合に由来する各種の現象を探索している。

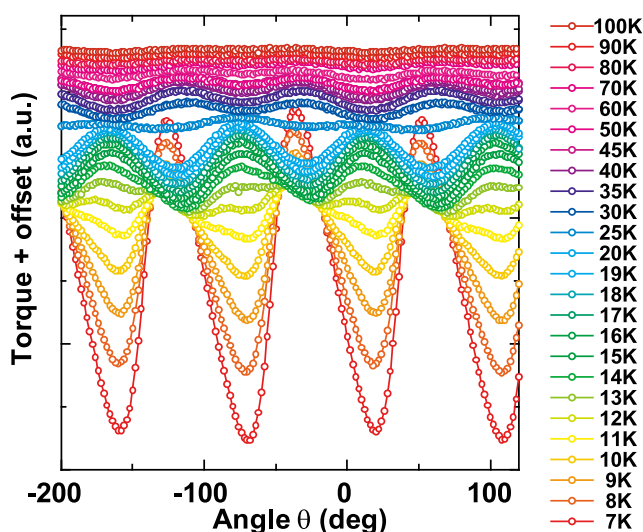
Our main subject is electrical properties on molecular assemblies especially on organic thin films and conducting molecular crystals.

Organic thin films: In this subject, we are especially interested in MIM (Metal-Insulator-Metal) junction. In spite of its simple structure, MIM junction exhibits various interesting phenomena, such as electroluminescence, photovoltaic effect. By changing insulating material and metal electrodes, tremendous variations are possible in this device. In 2003, we succeeded in fabricating a biomolecular light-emitting diode (BIODE) for the first time. Subsequently, we are intensively studying BIODE devices using various materials and experimental techniques.

Conducting molecular crystals: We are interested in charge-transfer salts of iron phthalocyanine and their derivatives. We are studying their magnetic and electrical properties in order to investigate the effects of $d-\pi$ interaction in this system.



生体発光ダイオード中の hemin (ヘムを含む低分子) の電圧誘起転移
 Voltage induced transition of hemin (a small molecule containing heme) in BIODE



TPP[FePc(CN)₂]₂ の磁気トルク
 Magnetic torque of TPP[FePc(CN)₂]₂ salt

研究テーマ Research Subjects

1. 生体発光ダイオードの作製および物性測定
The fabrication and characterization of BIODE (Biomolecular-Light-Emitting Diode)
2. 有機光起電力デバイスの作製および物性測定
The fabrication and characterization of organic photovoltaic devices
3. 伝導性フタロシアニン錯体の作製および物性測定
The synthesis and characterization of conducting charge-transfer crystals of phthalocyanine



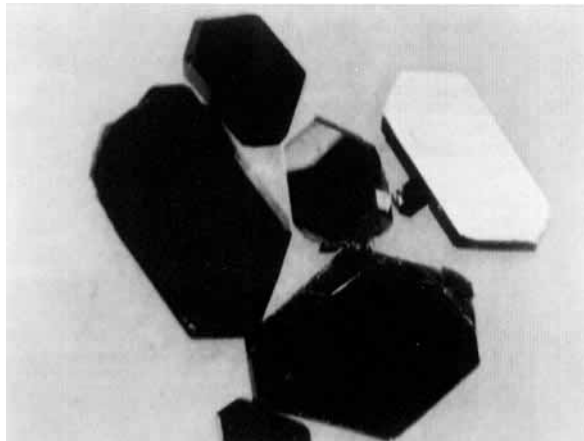
新物質科学研究部門 Division of New Materials Science
<http://hmori.issp.u-tokyo.ac.jp>

森研究室

Mori Group

助教授 森 初果
 Associate Professor Hatsumi MORI

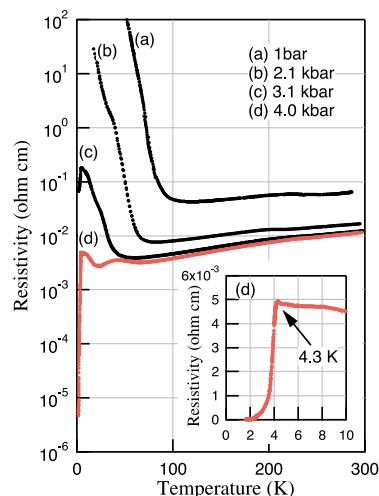
分子性導体、磁性体および誘電体などの機能性分子性物質の開発とその構造、物性の研究を行っている。分子性物質の魅力は、1) 数百万種あると言われている分子が単位であるため、物質が非常に多様であること、2) その分子および分子間相互作用が設計・制御可能であること、3) 分子は非常に柔らかいため圧力応答が大きく、分子を媒介として電子・格子相互作用が大きいこと、4) 特に伝導体で電子間相互作用（電子相関）が大きく、伝導性に加え、スピンの顔を出した磁性が表に現れることなどが挙げられる。我々も、分子をデザインすることにより分子間相互作用および電子相関など物性パラメータを少しずつ変化させて、電荷、格子、スピン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



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

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

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



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

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

研究テーマ Research Subjects

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



新物質科学研究部門 Division of New Materials Science
<http://satoru.issp.u-tokyo.ac.jp>

中辻研究室

Nakatsuji Group

助教授

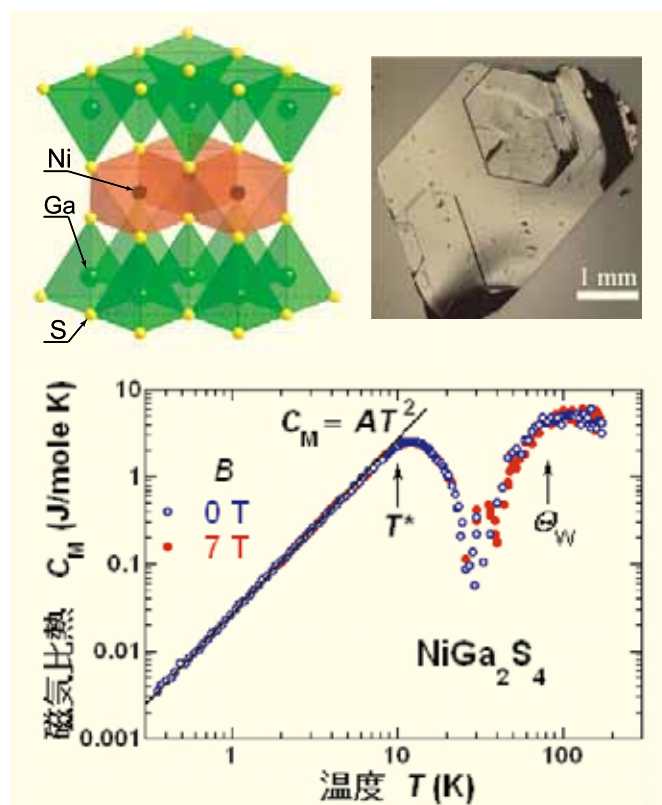
Associate Professor

中辻 知

Satoru Nakatsuji

物性物理学のフロンティアは、新しい現象の発見にある。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、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、無機材料の中でも特に遷移金属化合物や、重い電子系に代表される強相関電子系の新物質開発に取り組んでいる。低温の熱・輸送測定を用いることで、物質が生み出す量子現象、例えば、スピン・軌道の秩序と密接する新しいタイプの金属状態・超伝導状態、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。

Discovery of new phenomena is at the forefront of the research of condensed matter physics. Inorganic materials, which provide important basis for current electronic and information technology, keep us surprised by numbers of novel quantum phenomena due to correlation among macroscopic number of electrons. Thus, the search for new materials that exhibit new phenomena is one of the most exciting and significant aspects of the material research. In our group, we synthesize new materials in so-called strongly correlated electron systems including transition metal compounds and heavy fermion intermetallic compounds. Low temperature thermal and transport measurements are used to study quantum phenomena such as unconventional metallic and superconducting states close to spin and orbital orders and quantum spin phenomena in magnetic semiconductors.



私達が開発した2次元三角格子磁性半導体 NiGa_2S_4

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

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

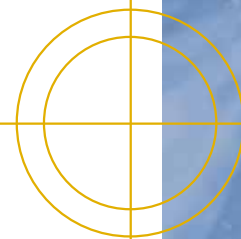
Two-dimensional magnetic semiconductor NiGa_2S_4 developed in our group. (Top left) Strongly two-dimensional crystal structure. (Top right) Hexagonal shaped single crystal. (Bottom) Temperature dependence of the magnetic specific heat. In addition to the conventional peak at the Weiss temperature of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

研究テーマ Research Subjects

1. 新しい遷移金属化合物の低温物性
Low temperature study of new transition metal based compounds
2. 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
3. 重い電子系での量子臨界現象、金属スピン液体状態
Quantum critical phenomena and metallic spin liquid state in heavy fermion systems

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(いわゆる強相関係)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 so-called strongly-correlated systems such as low-dimensional quantum magnets and electron systems including the Kondo lattice, metal-insulator transitions, heavy-fermion physics, superconductivity in various materials from both phenomenological and microscopic points of view, exchange and correlation effects on dynamic properties in metals and semiconductors, dynamic processes and catalytic properties at surfaces, and quantum transport and interactions in mesoscopic conductors.

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

教授 Professor	高橋 實 Minoru TAKAHASHI	助手 Research Associate	城石 正弘 Masahiro SHIROISHI
教授 Professor	上田 和夫 Kazuo UEDA	助手 Research Associate	藤井 達也 Tatsuya FUJII
教授 Professor	高田 康民 Yasutami TAKADA	助手 Research Associate	前橋 英明 Hideaki MAEBASHI
教授 Professor	押川 正毅 Masaki OSHIKAWA		
教授 Professor	常次 宏一 Hirokazu TSUNETSUGU		
助教授 Associate Professor	甲元 真人 Mahito KOHMOTO	助手 Research Associate	佐藤 昌利 Masatoshi SATO
助教授 Associate Professor	杉野 修 Osamu SUGINO	助手 Research Associate	大谷 実 Minoru OTANI
助教授 Associate Professor	加藤 岳生 Takeo KATO		
助教授(客員) Visiting Associate Professor	館山 佳尚 Yoshitaka TATEYAMA		
教授(外国人客員) Visiting Professor	セドラキャン アラ Ara SEDRAKYAN		



相互作用をする量子系の相関関数は大変重要であるが、その厳密な計算は可解模型といえども大変難しい問題である。スピン-1/2 反強磁性ハイゼンベルグ鎖 $H=J \sum_j \vec{S}_j \cdot \vec{S}_{j+1}$ ($J>0$) の場合には、長い間最近接相関 $\langle \vec{S}_j \cdot \vec{S}_{j+1} \rangle = 1/4 - \ln 2$ および第2近接相関 $\langle \vec{S}_j \cdot \vec{S}_{j+2} \rangle = 1/4 - 4 \ln 2 + 9/4 \zeta(3)$ のみが知られていた。ここで $\zeta(s)$ はリーマンのゼータ関数である。

この状況はここ数年の研究で劇的に変化した。実際、2003年に我々は相関関数を表す多重積分公式をボース-コレピン法を用いて計算し、第3近接相関を得ることに初めて成功した。

$$\langle \vec{S}_j \cdot \vec{S}_{j+3} \rangle = \frac{1}{4} - 9 \ln 2 + \frac{37}{2} \zeta(3) - 14 \zeta(3) \ln 2 - \frac{9}{2} \zeta(3)^2 - \frac{125}{8} \zeta(5) + 25 \zeta(5) \ln 2.$$

より最近、我々は q -変形 KZ 方程式に基づき相関関数を代数的に計算する方法を開発し、現在までにスピン-スピン相関関数 $\langle \vec{S}_j \cdot \vec{S}_{j+n} \rangle$ は $n=7$ まで、また emptiness formation probability (EFP) $P(n) \equiv \left\langle \prod_{j=1}^n (S_j^z + 1/2) \right\rangle$ は $n=8$ まで計算できた (Fig. 1)。

また、同様な代数的方法を用いて、我々は6サイトまでの縮約密度行列 ρ_n の行列要素を全て計算した。その一つの重要な応用として基底状態がどのくらい“絡み合っているか”を測るフォン・ノイマンエントロピー (エンタングルメントエントロピー) $S(n) \equiv -\text{Tr} \rho_n \log_2 \rho_n$ を $n=6$ まで計算できた (Fig. 2)。

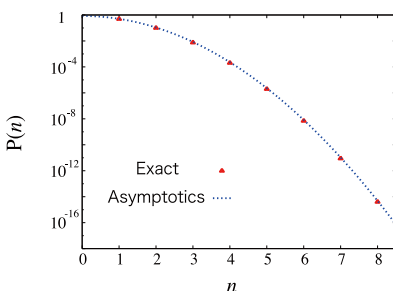


Fig. 1
ハイゼンベルグ鎖の基底状態における EFP. n が大きくなるにつれてガウシアン的に急速に減衰する。
EFP for the Heisenberg chain: It decays rapidly in a Gaussian-like way.

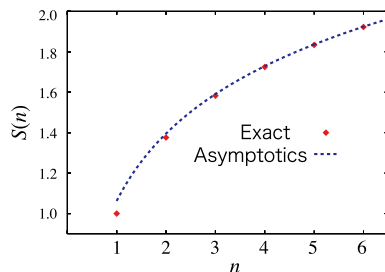


Fig. 2
ハイゼンベルグ鎖の基底状態におけるフォン・ノイマンエントロピー. n が大きくなるにつれて $S(n) \sim 1/3 \log_2 n + \text{const.}$ と対数的に増大する。
von Neumann entropy for the Heisenberg chain: It behaves asymptotically $S(n) \sim 1/3 \log_2 n + \text{const.}$

研究テーマ Research Subjects

1. 1次元量子系のベテ仮説法による研究
Study of one-dimensional quantum systems by the Bethe ansatz method
2. スピン波理論による低次元磁性体の研究
Study of low-dimensional magnets by the spin-wave theory
3. 量子モンテカルロ法の多体系への適用
Applications of the Quantum Monte Carlo method to many-body systems



物性理論研究部門 Division of Condensed Matter Theory
<http://ueda.issp.u-tokyo.ac.jp>

上田和夫研究室

K. Ueda Group

教授
Professor

上田 和夫
Kazuo UEDA

助手
Research Associate

藤井 達也
Tatsuya FUJII

銅酸化物高温超伝導体、あるいは重い電子系などにおける磁性と超伝導の解明は、強相関電子系の問題と呼ばれ物性物理学の基本的課題である。ここでは多電子系が示す多様な秩序状態とそれらの間の相転移という量子多体問題を研究することになるが、最近当研究室で取り上げている研究テーマは以下のようなものである。

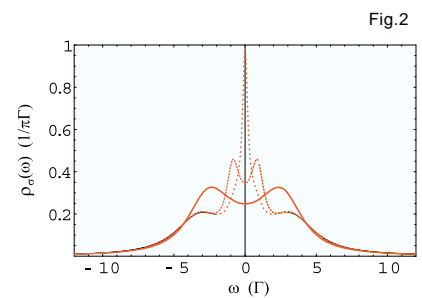
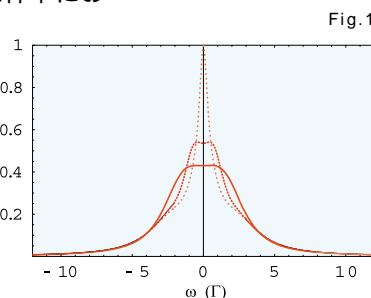
量子相転移の最も簡単で典型的な例は、スピン系の秩序無秩序転移である。最近、 $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ が二次元的構造を持つスピンギャップ系であることが発見されたが、われわれはその理論的モデルとして直交ダイマー-ハイゼンベルグ模型の量子相転移、素励起、磁化過程をしらべ、その特徴を明らかにした。また、三次元におけるフラストレーションの最も強い系として、パイロクロア格子上のハイゼンベルグ格子を考察し、その疑似縮退が解けていく過程におけるスピン・格子相互作用の重要性を指摘した。

強相関電子系における軌道自由度の果たす役割が最近注目されているが、新しい重い電子系の超伝導体である CeTiIn_5 ($T=\text{Co, Rh, Ir}$) に対して、軌道縮退のあるモデルを構築し、その磁性と超伝導について研究している。量子臨界現象のコントロールパラメータとして軌道の縮退度が重要な働きをしていることが明らかになった。

量子ドットの輸送現象は、メソスコピック系における多体効果として大変興味深い。平衡、非平衡条件下における近藤輸送現象の理論的研究を進めている。

電流が定常的に流れている量子ドット系での状態密度。Fig.1, 2 はそれぞれ $U=4, 6$ の場合。電子相関が強くなってくると、バイアスをかけたときに近藤ピークは左右の化学ポテンシャル近傍での2つのピークへと分離する。

The density of states at the quantum dot with a finite bias voltage in Fig.1 for $U=4$ and Fig.2 for $U=6$. In a relatively strong correlation regime, the Kondo peak splits into double peaks near the chemical potentials of leads when the bias voltage is increased.



研究テーマ Research Subjects

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



物性理論研究部門 Division of Condensed Matter Theory
<http://takada.issp.u-tokyo.ac.jp>

高田研究室

Takada Group

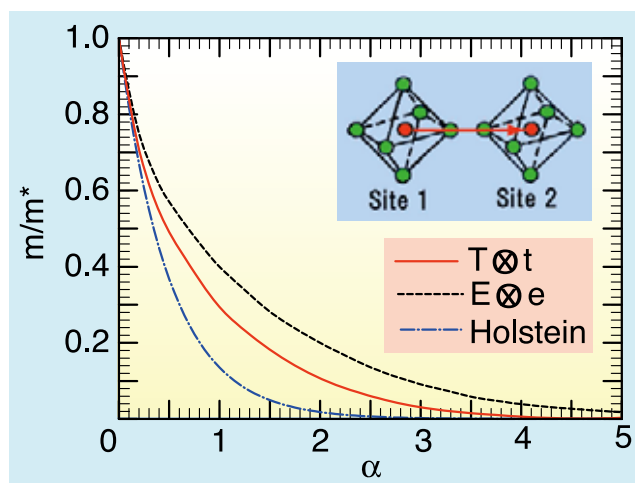
教授
Professor

高田 康民
Yasutami TAKADA

助手
Research Associate

前橋 英明
Hideaki MAEBASHI

自然の階層構造の中で物性理論の主たる対象は電磁相互作用をする多数の原子核電子複合系である。この系は容易に厳密解を許さないという意味で複雑ともいえる。しかし、この系の上部階層（生物学の範疇）では当然のことながら、予想外にもこの系を生み出している下部階層（素粒子物理の範疇）でもずっと複雑な系を対象にしていることに比べれば際立って簡単な系である。それゆえ、この系を究めることは全ての物理理論にとって基本的課題である。この認識の下に、原子核電子複合系を第一原理に忠実に解明する手段として密度汎関数理論やそれを越える理論体系（自己エネルギー改訂演算子理論と名付けた）を整備し、それを土台にこの系の量子物性を多角的に調べている。特に、高温超伝導機構の理論にしても、この線に沿った形で解明されない限り最終結論は得られないと考え、電子フォノン強結合性と電子相関との競合に注目しつつ、それらを共に取り入れた理論の完成に向けて、それに必要な各要素の基盤固めを行っている。



In the hierarchic structure of nature, condensed matter theory is mainly concerned with the complex system of many nuclei and electrons, interacting to each other through electro-magnetic fields. This system is so complex that no rigorous solution is allowed. It is, however, regarded as an astonishingly simple one if we compare it with the systems in the upper hierarchy (the domain of biology) as well as those in the lower one (the domain of high-energy physics). Thus we consider it as one of the most fundamental problems in the whole theory of physics to make its thorough investigation. With this recognition, we are constructing a theoretical framework for solving this system faithfully from first principles, culminating in the self-energy revision operator theory (SEROT) that may supersede the density functional theory in the future. Some practical approximations to SEROT are invented to investigate the properties of the nucleus-electron complex system from various aspects. Specifically, we surmise that a final resolution will be obtained for the microscopic mechanism of high- T_c superconductivity only by the investigation along this line. Currently we do some basic works for the completion of such a theory for superconductivity with paying special attention to the competition between the attraction due to electron-phonon interactions and the repulsion due to electron-electron Coulomb interactions.

ポーロンの有効質量 m^* : 電子フォノン結合定数 α の増加に伴い、ホルスタイン模型では急激に m^* は増大するが、 $E \otimes e$ や $T \otimes t$ のヤーンテラー模型ではそれほど急激でない。特に内部自由度に関する保存則がある前者では m^* の増大は抑制されるので、 α の大きい 3d 電子系では t_{2g} 電子よりも e_g 電子の方がずっと動きやすいことになる。

Effective mass m^* of a polaron: With the increase of the electron-phonon coupling constant α , m^* increases very abruptly in the Holstein model, but it is not the case for the $E \otimes e$ and $T \otimes t$ Jahn-Teller systems. In particular, a conservation law concerning the internal degrees of freedom imposes a strong constraint on the rapid increase of m^* in the former model, implying that e_g electrons move much faster than t_{2g} ones in 3d electron systems with large α .

研究テーマ Research Subjects

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



物性理論研究部門 Division of Condensed Matter Theory
<http://oshikawa.issp.u-tokyo.ac.jp>

押川研究室

Oshikawa Group

教授
Professor

押川 正毅
Masaki OSHIKAWA

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。例えば、1+1次元での自由ボソン場の理論に対するさまざまな摂動を系統的に扱うことにより、磁場誘起ギャップ・電子スピン共鳴・量子細線における伝導など1次元量子系における広範な物理現象を統一的に理解することを目指している。

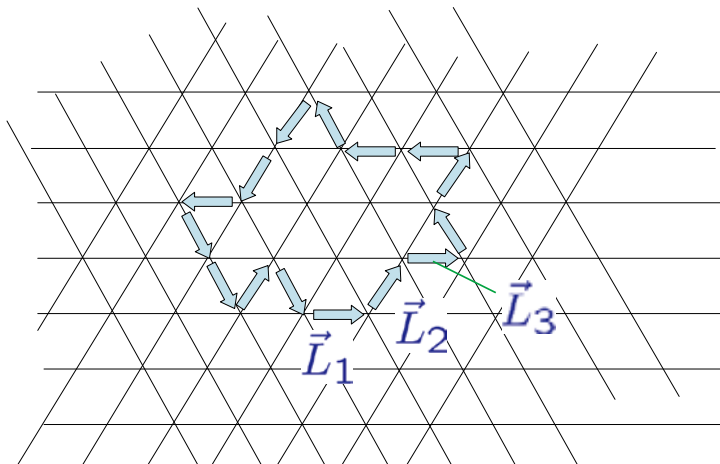
一方、複雑な系のふるまいに関する近年の研究の進展は、「秩序」という統計力学における基本概念についても再検討を促している。秩序パラメータを先験的知識無しに同定するアルゴリズムの開発等を通じて、秩序に関するより深い理解を得ることを目標にしている。これらの概念は、単に理論的な興味に留まらず、安定な量子コンピュータの実現に際しても重要となることが期待される。

これらの研究はいずれも国際共同研究として推進している。

Our main focus is quantum many-body theory. Based on the close correspondence among quantum many-body systems, classical statistical systems and field theory, we pursue universal concepts in physics. At the same time, we aim to give a unified picture on experimental data and to make testable predictions. For example, 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. Through the development of an algorithm to identify the order parameter without a prior knowledge, we are seeking a deeper understanding of the “order”. They are not only of theoretical interest, but would also be important in realizing stable quantum computers.

These studies are carried out based on international collaborations.



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

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

研究テーマ Research Subjects

1. 低次元スピン系における電子スピン共鳴の場の理論による定式化
Field-theory formulation of Electron Spin Resonance in low-dimensional quantum spin systems
2. 共形場理論、量子ブラウン運動と量子細線の接合
Conformal field theory, quantum Brownian motion, and junction of quantum wires
3. 非アーベル統計とトポロジカル秩序
Non-abelian statistics and topological order
4. 強磁性と量子統計
Ferromagnetism and quantum statistics



物性理論研究部門 Division of Condensed Matter Theory
<http://tsune.issp.u-tokyo.ac.jp>

常次研究室

Tsunetsugu Group

教授
Professor

常次 宏一
Hirokazu TSUNETSUGU

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を理論的に研究している。クーロン相互作用が強い系においては、低温においてさまざまな磁性状態や異方的超伝導などの多種多様な物性が出現する。これらの複雑な物性の統一的理解とともに新しい現象の発見を目指している。

主に研究しているテーマは、スピンと電子軌道などの自由度がカップルすることによって現れる複合秩序や、フラストレート系における新しいタイプの量子秩序である。フラストレートした系に特徴的な、多くのモードのソフトな揺らぎが結合している場合にその秩序と臨界現象の特徴がどうなるか、電子状態や輸送現象がどのように影響するのかを調べている。

最近の研究の中では、スピン1の三角格子反強磁性体においてスピン4重極が整列するネマティック秩序の存在を提唱した。対応する物質 NiGa_2S_4 の低温の中性子散乱実験、比熱や帯磁率のデータが、通常の磁気秩序描像では説明できず、ネマティック秩序の存在を考えるとほぼ説明できることを明らかにした。

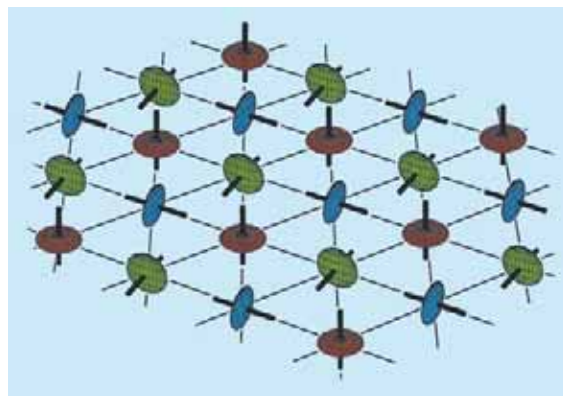
三角格子における3副格子スピンネマティック秩序。黒棒で表示したディレクターに垂直な円盤の上に、各スピンの揺らぎが制限されており異方的になっている。

Three-sublattice spin nematic order on a triangular lattice. Each spin has anisotropic fluctuations restricted on a disk perpendicular to director (shown by a black rod).

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 and unconventional superconductivity are typical cases.

The present targets of our study include complex order in the systems where spin and orbital degrees of freedom are coupled, and new type of quantum order in frustrated spin systems. In particular, we study the order and critical phenomena in the systems where many soft modes of fluctuations are coupled, which is characteristic to frustrated systems, and also the effects of these anomalous fluctuations on electronic states and transport phenomena.

It was recently discovered that conventional magnetic order scenario is not appropriate to explain various low-temperature properties in the triangular antiferromagnet NiGa_2S_4 with spin-1, including neutron scattering, specific heat, and magnetic susceptibility data. In our recent study on a corresponding model, we have proposed the presence of spin nematic order where magnetic quadrupoles are ordered and clarified that this scenario can explain many of the properties consistently.



研究テーマ Research Subjects

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



物性理論研究部門 Division of Condensed Matter Theory
<http://kohmoto.issp.u-tokyo.ac.jp>

甲元研究室

Kohmoto Group

助教授 Associate Professor 甲元 真人 Mahito KOHMOTO
 助手 Research Associate 佐藤 昌利 Masatoshi SATO

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

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

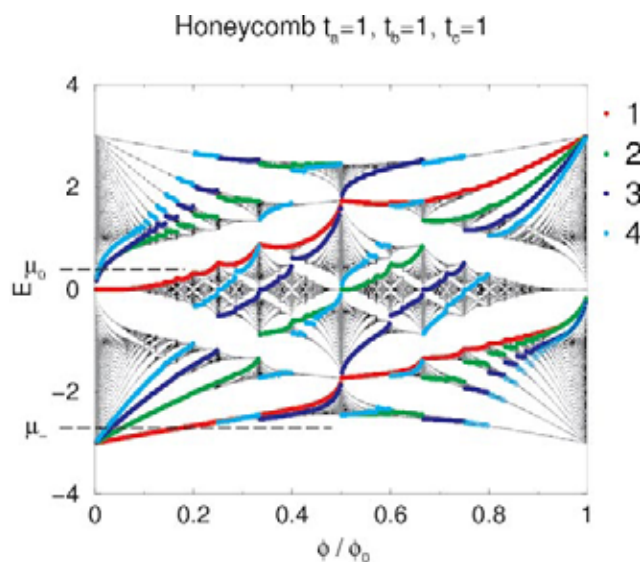


図1. ハニカム格子における磁束 とエネルギーの関係.
 図中の数字は Hall 伝導度を表す

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

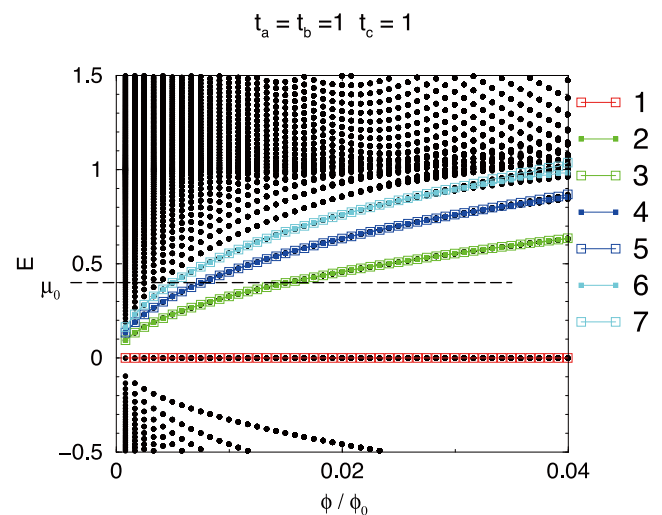


図2. 図1と同じもの。 がゼロ付近を拡大している。
 Fig.2. The same as Fig.1 for $\Phi/\Phi_0 \sim 0$.

研究テーマ Research Subjects

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



物性理論研究部門 Division of Condensed Matter Theory
<http://sugino.issp.u-tokyo.ac.jp>

杉野研究室

Sugino Group

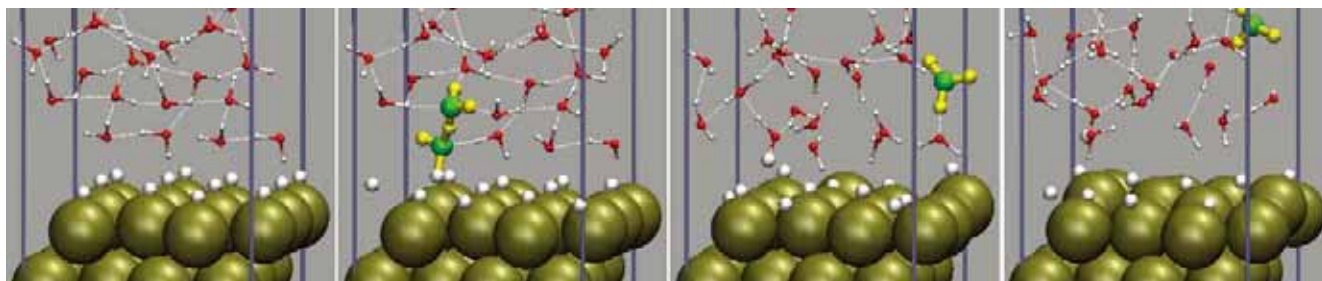
助教授 Associate Professor 杉野 修 Osamu SUGINO
 助手 Research Associate 大谷 実 Minoru OTANI

密度汎関数理論に基づく第一原理的計算手法を用いて、物質の電子状態や動的過程を主に研究している。ここ数年間は特に金属 / 溶液界面の構造や遮蔽過程・触媒反応、分子や表面系における励起・非断熱遷移過程、結晶や液体の一次相転移、などを行ってきた。特に計算手法・アルゴリズムの研究を行い計算可能な研究対象を広げることと努め、それら新手法を用いてこれまで手の届かなかったような複雑な興味深い現象をミクロに理解することを目標としている。

物質設計評価施設を兼任し、同施設のスタッフと協力して物性研スーパーコンピュータの全国共同利用を推進している。同施設の吉本芳英助手とはまた研究上も密接な協力関係にある。

Main research subject is the first-principles density functional approach to electronic structures of materials and their dynamical processes. Recent activity covers (1) the transition metal/ water interfaces including their structural and dielectric screening properties as well as electrochemical and catalytic reactions occurring at the interface, (2) excitation and non-adiabatic dynamics of molecules and surface adsorbates using the time-dependent density functional theory, and (3) first-order phase transitions of crystals and liquids. Our aim is to extend frontiers of the simulation to microscopically understand complex but rich variety of phenomena that have not been accessible with conventional computational approaches.

We, as a member of the MDC division, help supervising the ISSP supercomputers for use of the joint research program. Our group collaborates with Dr. Yoshihide Yoshimoto of MDC also for scientific activities.



白金・水界面における水の電気分解過程。強い電場の下、水中のヒドロニウムイオン H_3O^+ が表面電荷に引き寄せられ表面に吸着、または吸着水素と結合する過程を追った第一原理分子動力学計算から。水の誘電効果と金属触媒効果が重要な役割を果たしている。

Electrolysis of water at the biased Pt(111)/water interface: A snapshot from the first-principles molecular dynamics simulation. Hydronium ion in the water attracted by the surface charge is going to adsorb on the surface by accepting one electron, or to bind with adsorbed hydrogen atom. Dielectric property of water and catalytic property of the metal are found to play important roles.

研究テーマ Research Subjects

1. 遷移金属・水溶液界面における構造、化学反応
Transition metal/water interfaces: Structural and dielectric properties and chemical reactions
2. 分子・表面系の励起、非断熱動的過程
Excitation and nonadiabatic dynamics of clusters and surface adsorbates
3. 物質の一次相転移
First-order phase transitions of materials



物性理論研究部門 Division of Condensed Matter Theory
<http://kato.issp.u-tokyo.ac.jp>

加藤研究室

Kato Group

助教授 加藤 岳生
 Associate Professor Takeo KATO

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

メソスコピック系の一つの重要なテーマは、電子間相互作用の取り扱いであり、ボゾン化法や非平衡グリーン関数法を元にした解析計算と、量子モンテカルロ法をはじめとした数値計算を組み合わせて、研究を行っている。また非平衡状態を扱うことのできる数値計算手法の開発にも取り組んでいる。

メソスコピック系以外にも、分子性導体などの電子間相互作用や電子・格子相互作用が大きい系の物性評価にも取り組んでいる。分子性導体で広く見られるスピンパイエルズ転移や電荷秩序転移、およびその周辺で生じる多彩な物性について、主に量子モンテカルロ法と平均場近似を用いた解析を行っている。

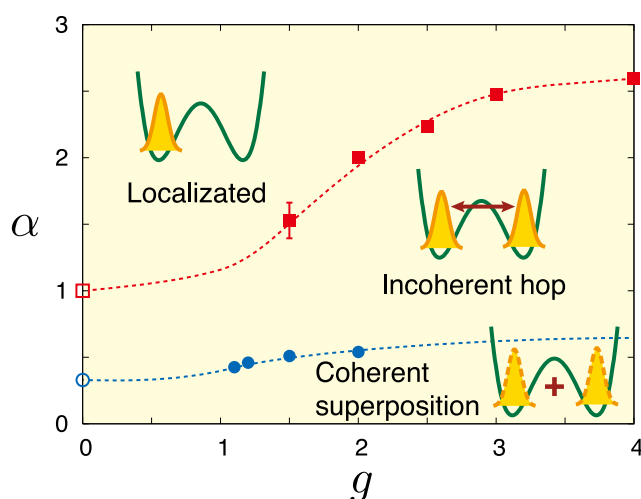
量子モンテカルロ法によって得られた、環境と結合した二重井戸系の相図。横軸は規格化したポテンシャル障壁の逆数 g 、縦軸は環境との結合の強さ α 。結合の強さ α を大きくしていくと、重ね合わせ状態が生じる領域、確率的トンネルを起こす領域、局在が起こる領域が順に現れる。

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

The main research subject is the theoretical study of transport properties in mesoscopic systems, in which the most characteristic feature is the quantum interference of electrons revealed in microstructures. Recently, many new materials and phenomena including quantum bits made in small dots/superconductors, carbon nanotube, and spintronics has been studied. The application to electronic devices has been considered extensively. It is appealing that a novel experiment can provide a new insight on understanding of fundamental physics.

We are trying to study electron-electron interaction and decoherence of electrons in these systems by combining analytical approaches (Bosonization methods, nonequilibrium Green's function methods, etc.) with numerical approaches such as the Monte Carlo method. We are also challenging to develop new numerical algorithms for nonequilibrium transport properties.

We are also studying electron-electron and electron-lattice interactions in organic conductors. The spin-Peierls and charge-order transition and related phenomena are analyzed by the mean-field approximation and quantum Monte Carlo method.



研究テーマ Research Subjects

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



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

館山研究室

Tateyama Group

客員助教授

Visiting Associate Professor

館山 佳尚

Yoshitaka TATEYAMA

光触媒、燃料電池、光合成などの環境・エネルギーに関連する諸問題への応用を念頭に、その素過程である酸化還元（電子移動・プロトン移動）反応および光励起ダイナミクスを定量的に取り扱うことのできる密度汎関数理論ベースの新規第一原理分子動力学手法の開発・実証に取り組んでいる。溶液中または固液界面の酸化還元反応に対しては、統計力学の諸技術および電子移動に関する諸理論を組み合わせながら、反応性の決定のキーとなる自由エネルギー関連の諸物理量を精度よく求める手法の開発を行っている。光励起状態のダイナミクスに対しては、近年注目が高まりつつある時間依存密度汎関数理論の実時間発展形式についてその実証及び拡張に取り組んでいる。

The subject of the research in my group is development, demonstration and application of new first-principles molecular dynamics (FPMD) techniques based on the density functional theory (DFT) for quantitative simulations of redox (electron and proton transfer) reactions and photoexcited dynamics that are elementary processes in many of environmental, energy and biological issues such as photocatalyst, fuel cell and photosynthesis. Redox reactions in (aqueous) solution or on solution/solid interface can be characterized by free energies, not total energies. We are trying to develop FPMD methods to compute free energies for such redox reactions, utilizing techniques in statistical physics and ideas in the electron transfer theories so far. For the photoexcited dynamics, demonstration and extension of the real-time propagation scheme of time-dependent DFT, which recently attracts much attention, is being tackled.



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

セドラキャン研究室

Sedrakyan Group

外国人客員教授
Visiting Professor

セドラキャン アラ
Ara SEDRAKYAN

物性研究所における4ヶ月の滞在中に甲元教授のグループにおいて、単層グラファイトの量子ホール効果等の問題について活発な議論を行った。

この問題はいくつかの興味深い面を持っている。それは chiral factorization を持ちたとえ磁場がないときにも二つの zero mode があるということである。これにより Z_2 の異常性が生じ、ホール伝導度が0でないことが保証される。また Bethe Ansatz 構造を発見した。これにより元々の問題が Bethe 方程式に帰着される。この方程式の解析的及び数値的研究を現在おこなっている。

我々の研究成果の一部は Phys. Rev. B 73, 235118 (2006). にある。

During my 4 months stay in ISSP I had intensive discussions in group of Prof. Kohmoto transitions in Quantum Hall effect on the basis of unconventional Hall effect on graphene.

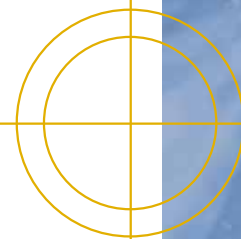
It appeared that Hofstadter problem on honeycomb lattice has couple of interesting properties. First of all the model possesses chiral factorization with the presence of zero modes even for non-zero magnetic field. This fact reveals Z_2 anomaly ensuring the absence of the zero conductance in Quantum Hall Effect. We revealed also Bethe Ansatz structure in the model and have reduced the solution of the Hofstadter problem to the set of Elliptic Bethe Equations. The investigations of this Bethe equations via analytic and numerical methods are on the way

Our efforts have resulted in the article, which we have published in Phys. Rev. B 73, 235118 (2006).

Moreover, our common investigations reveal a set of new interesting problems in connection with unconventional Hall effect on graphene, which we are going to investigate further.

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.

The Division of Nanoscale Science consists of seven laboratories --- Iye, Katsumoto, Otani, Komori, Yoshinobu, Hasegawa and Lippmaa. The research efforts of these labs are directed to various aspects of nanoscale science.

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
助教授 Associate Professor	小森 文夫 Fumio KOMORI
助教授 Associate Professor	吉信 淳 Jun YOSHINOBU
助教授 Associate Professor	長谷川 幸雄 Yukio HASEGAWA
助教授 Associate Professor	リップマー ミック Mikk LIPPMAN
助教授(客員) Visiting Associate Professor	河合 伸 Hiroshi KAWAI
教授(外国人客員) Visiting Professor	エンティン・ウォールマン オラ Ora ENTIN-WOHLMAN
教授(外国人客員) Visiting Professor	アハロニー アムノン Amnon AHARONY

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



ナノスケール物性研究部門 Division of Nanoscale Science
<http://iye.issp.u-tokyo.ac.jp>

家研究室

Iye Group

教授
Professor

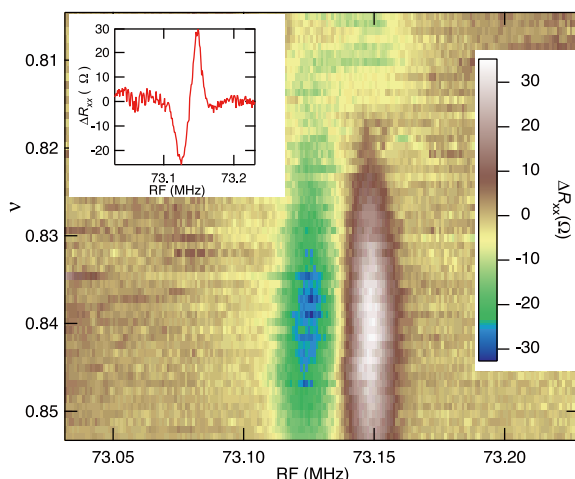
家 泰弘
Yasuhiro IYE

助手
Research Associate

遠藤 彰
Akira ENDO

GaAs/AlGaAs ヘテロ界面の高移動度 2 次元電子系・正孔系をベースとした量子構造を作製し、そこに展開される量子輸送現象の研究を行っている。最近の研究テーマとして、1 次元平面超格子におけるミニバンド形成を反映した磁気抵抗振動効果、アンチドット格子系や単一アンチドットにおけるアハロノフ・ボーム効果、2 層量子ホール系や正孔量子ホール系の基底状態、量子ホール領域における核スピン共鳴と低エネルギースピンの励起、などがある。この他に、強磁性体 / 超伝導体や強磁性体 / 半導体のハイブリッド構造における局所磁場変調効果についても研究を進めている。

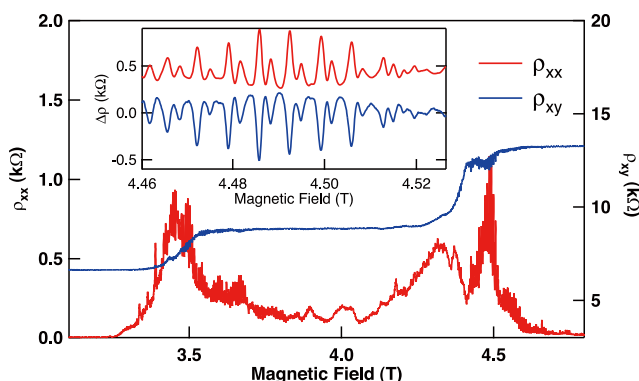
研究活動は勝本研究室との緊密な協力関係のもとに進めている。



2 次元電子系の量子ホール領域における ^{75}As の抵抗検出核磁気共鳴 (RDNMR)。ランダウ準位占有率 $\nu=1$ 付近において観測される「分散型線形」が $\nu=1$ から遠ざかるにつれて消失する様子。

Resistively-detected nuclear magnetic resonance in 2D electron system in the quantum Hall regime. The “dispersive” lineshape observed in the vicinity of $\nu=1$ disappears as one moves further away from $\nu=1$.

We fabricate quantum structures based on high mobility two-dimensional (2D) electron and hole systems formed at GaAs/AlGaAs heterointerface, and investigate quantum transport phenomena. Recent research subjects include, oscillatory magnetoresistance effect reflecting the miniband formation in one-dimensional lateral superlattice, Aharonov-Bohm-type effects in antidot arrays and single antidot system, ground states of bilayer quantum Hall systems and 2D hole systems, nuclear magnetic resonance and low-energy spin excitations in quantum Hall regime. We also study the local magnetic field modulation effects in ferromagnet/superconductor and ferromagnet/semiconductor hybrid systems. The research activities are conducted in close collaboration with Katsumoto group.



少数アンチドット格子系の量子ホール領域におけるアハロノフ・ボーム振動。2 種類の振動は、アンチドットの周りに形成されるエッジ状態のスピン分離を反映したものである。

Aharonov-Bohm type oscillations in a small array of antidots fabricated from 2D electron system in the quantum Hall regime. The two series of oscillation reflect the spin-resolved edge states around the antidots.

研究テーマ Research Subjects

- 空間変調構造下の 2 次元電子系における量子輸送現象
Quantum transport in 2DEG systems under artificial potential modulation
- スピン自由度や 2 層自由度を持つ量子ホール系
Quantum Hall systems with the degrees of freedom of spin and two layer
- 単一アンチドットおよびアンチドット格子におけるコヒーレント量子輸送
Coherent transport in single antidots and antidot arrays
- 半導体 / 強磁性体ハイブリッド構造
Semiconductor/ferromagnet hybrid systems
- 超伝導体 / 強磁性体ハイブリッド構造
Superconductor/ferromagnet hybrid systems



ナノスケール物性研究部門 Division of Nanoscale Science
<http://kats.issp.u-tokyo.ac.jp>

勝本研究室

Katsumoto Group

教授
Professor

勝本 信吾
Shingo KATSUMOTO

助手
Research Associate

阿部 英介
Eisuke ABE

超薄膜による超構造、量子ドットやメソスコピック干渉回路は様々なパラメーターを変化させることのできるデザイン可能な量子多体効果の実験場であり、「量子情報」を扱うための道具でもある。本研究室では超薄膜の成長から電子線描画を使った微細加工、低温強磁場下での電気伝導測定までを一貫して行い、設計自由度の高い実験を行っている。量子ドットの多体効果、コヒーレント伝導、スピン量子操作、量子 Hall 効果、希薄磁性半導体とそれを用いたスピントロニクスなど、多体効果、量子コヒーレンス(デコヒーレンス)をキーワードに、幅広いテーマを手がけている。

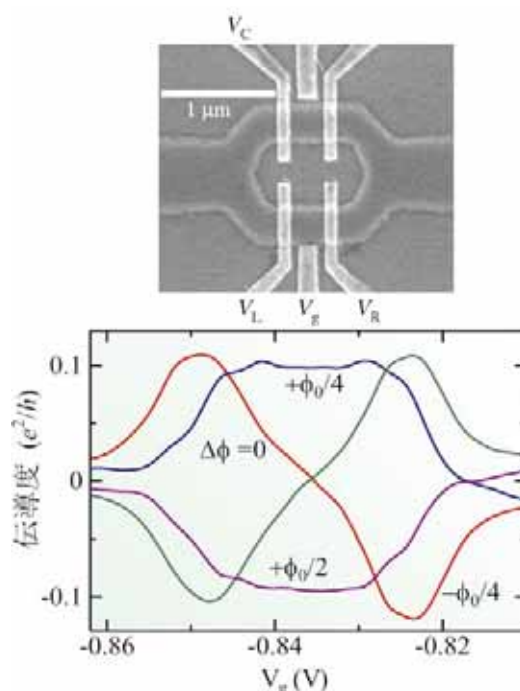
家研究室とは緊密な協力関係にある。また、所内はもとより、他部局・他大学にも高品質半導体薄膜試料を提供している。

Artificial materials such as stacks of ultra-thin films (superstructures), quantum dots or a mesoscopic interference circuits are laboratories for quantum many-body effects. We can tailor the systems as well as vary the parameters during an experiment. We begin with growing high-quality ultra-thin films then proceed to electron beam lithography to produce such quantum structures. The "throughout" fabrication brings us a large freedom in designing the experiments. Our main subjects are quantum many body effects, quantum coherence and decoherence. More specifically, the Kondo effect in quantum dots, coherent transport, coherent manipulation of electron spins, quantum Hall effects, diluted magnetic semiconductors and their applications to spintronics.

We are in collaboration with Iye-group. We provide high-quality semiconductor superstructure samples to other divisions in ISSP, and to other universities.



高品質半導体超薄膜を成長するための分子線エピタキシー装置。
Molecular beam epitaxy machine to grow high quality ultra-thin films of semiconductors.



量子ドットを Aharonov-Bohm (AB) リングに埋め込んだ系に現れた Fano 近藤効果。中央に位相シフトの $\pi/2$ ロックを示す平坦部があり、線形が磁場によって変化する。挿入図は試料の電子顕微鏡写真。

Fano-Kondo lineshape observed in the conductance of an Aharonov-Bohm (AB) ring which has a quantum dot on one arm. The flat region at the center is due to the phase shift locking to $\pi/2$. The lineshape varies with the magnetic flux piercing the ring. The inset is a micrograph of the sample.

研究テーマ Research Subjects

1. 量子ドットのコヒーレント伝導・スピン依存伝導
Coherent transport and spin-dependent transport through quantum dot systems
2. 量子ドットのスピン状態とエンタングルメント、量子デコヒーレンス
Quantum coherence/decoherence and spin states in quantum dots
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. 2次元正孔系を用いた量子構造(量子細線、量子ドット)
Quantum structures based on two-dimensional hole systems



ナノスケール物性研究部門 Division of Nanoscale Science
<http://www.riken.jp/lab-www/nanomag/indexjpn.html>

大谷研究室

Otani Group

教授
Professor

大谷 義近
Yoshichika OTANI

助手

Research Associate

木村 崇

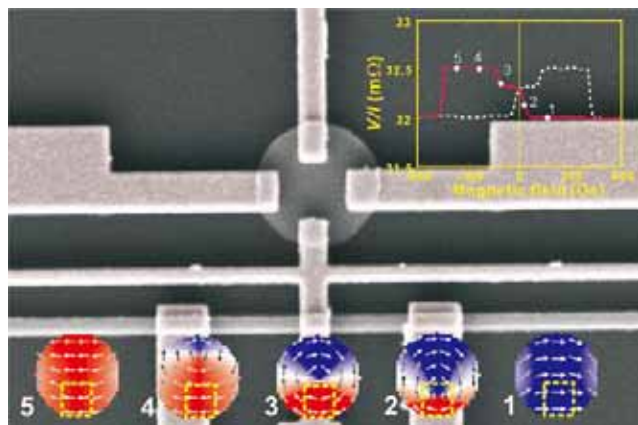
Takashi KIMURA

ナノスケールの微小磁性体は、その形状やサイズを反映して、磁気渦や単磁区構造のような秩序状態にある磁区構造を取る。我々は実験的に、磁壁移動、磁化反転の量子的振舞いに対する知見を深めるために、ナノスケール磁性体の静的及び動的磁気特性を研究している。

また、ナノスケール磁性体から非局所手法を用いて取り出されるスピン流を用いて、スピン注入磁化反転、スピン蓄積、スピンホール効果等のスピントロニクス研究を行っている。さらに、生体系に特徴的なポテンシャルラチェットを用いた磁壁運動の制御やスピン流制御の研究も進めている。最終的にはこれらの技術やスピン注入によって生じる新規な磁性を応用してスピントロニクス素子に関する研究を進めている。

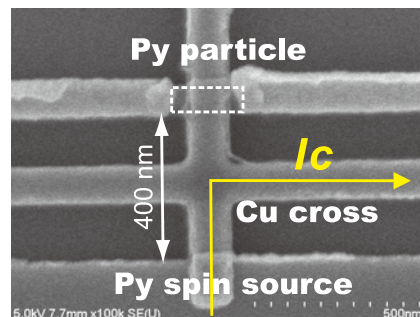
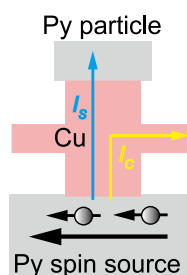
Nano-scale magnets can have, according to their shape and size, ordered domain structures such as magnetic vortices and single domains. We experimentally study static and dynamic properties of nano-scale magnets, to obtain a better understanding of the quantum behavior associated with domain wall displacement and magnetization reversal.

Moreover we employ non-locally produced spin-currents to study spintronic properties such as the spin injection magnetization reversal, the spin accumulation, and the Spin Hall Effect. Furthermore we try to manipulate the motion of nano-scale magnetic domain wall and conduction electron spins using the principle of the potential ratchet characteristic of biological systems.



強磁性円盤中に生成する磁気渦のカイラリティーを決定するための非局所スピンバルブ素子の走査電子顕微鏡 (SEM) 像とスピンバルブ信号の測定結果。図中数字で示した磁化状態はスピンバルブ信号曲線上の数字に対応する。

Scanning electron microscope image of a non-local spin valve device to determine the spin chirality of a magnetic vortex confined in a magnetic disk. The inset shows a spin valve signal where the numbers on the curve correspond to magnetic configuration.



スピン流のみを用いた面内磁化反転素子の模式図と作製された素子の SEM 像。

Schematic diagram and scanning electron microscope image of a fabricated magnetic switching device operated by using only spin currents.

研究テーマ Research Subjects

1. ナノスケール磁性体のスピンドYNAMICSに関する研究
Static and dynamic magnetic properties of nano-scale magnets
2. スピン注入及びスピントランスファーによって誘起される磁性に関する研究
Magnetism induced by spin injection and spin transfer
3. 非対称ポテンシャルを用いたナノスピントロニクス素子の研究・開発
Development of spintronic devices using asymmetric potential



ナノスケール物性研究部門 Division of Nanoscale Science
<http://komori.issp.u-tokyo.ac.jp>

小森研究室

Komori Group

助教授 Associate Professor 小森 文夫 Fumio KOMORI
 助手 Research Associate 中辻 寛 Kan NAKATSUJI

固体表面に形成されるナノスケール物質、合金、化合物の電気的磁気的性質を明らかにすることを目標に、超高真空中で走査トンネル顕微鏡 (STM) 光電子分光、磁気カー効果測定を用いて研究を行なっている。極低温 STMを用いたトンネル分光では局所的な電子状態を、角度分解光電子分光ではフェルミエネルギー以下の電子状態を調べている。(Fig. 1) 磁気カー効果測定では、超薄膜や超微粒子強磁性体配列の磁気秩序形成および磁化回転現象を観測している。また、ナノスケール物質、表面合金や化合物の研究において重要な試料作成に関連して、電子状態測定と STM 観察により、これらの形成における動的原子過程を調べている。特に表面では、トンネル電子やレーザー光によって励起された電子系のエネルギーが格子系へ緩和する過程を用いて、新奇な物質を作成することもできる。そこで、トンネル電子注入による原子操作 (Fig. 2) の機構について研究している。

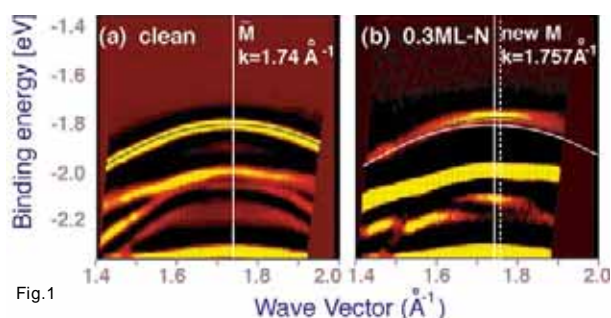


Fig.1

角度分解光電子分光によって調べた清浄な銅 (001) 面 (a) と窒素が部分的に吸着した銅 (001) 面 (b) の M 点付近の銅表面電子構造の比較。各図の一番上の黄赤色の太線が表面状態のバンド分散を表し、図 (b) の白い線が図 (a) の黒い線に対応している。図 (b) では、吸着した窒素原子によって銅清浄表面の格子が圧縮されるために、表面電子バンドのエネルギーが清浄な銅 (001) 面に比べて高くなり、ブリュアンゾーン境界の波数も大きくなる。

Band structures around M on clean (a) and partially N-covered (b) Cu(001) surfaces studied by ARUPS. The lattice of the clean Cu area on the latter surface is compressed and the electronic structure changes. On the N-covered surface, the Cu surface band shown as the upper yellow-red curve in (a) shifts upward, and the wave number at the boundary of the surface Brillouin zone increases as in (b).

Electronic and magnetic properties of alloys, compounds and materials with nanometer-scale structure at solid surfaces are studied by using scanning tunneling microscopy/spectroscopy (STM/STS), photoelectron spectroscopy and magneto-optical Kerr-rotation measurement in an ultra high vacuum. Band structures of the surface states and the chemical bonds are studied by photoelectron spectroscopy using VUV light (Fig.1) and soft-X-ray. The structures and the formation processes of surface nano-structured materials, and the atom processes induced by electron tunneling (Fig. 2) or photo-excited carriers are examined by STM.

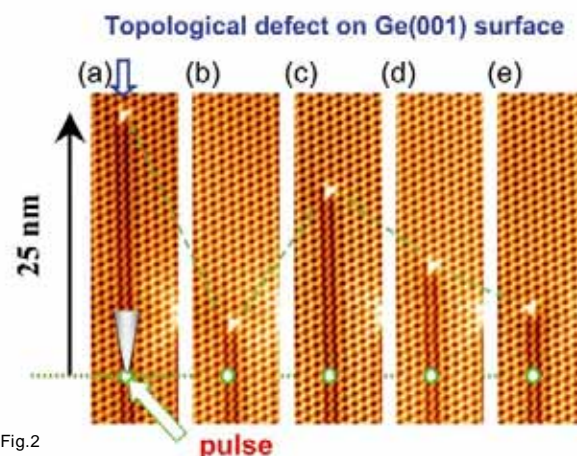


Fig.2

STM 探針からゲルマニウム (001) 清浄面表面空状態に電子を局所的にトンネル注入し、注入点から離れた位置の原子を移動させる様子を示すの STM 像。試料温度 80K で、図 (a) の白い点位置に電子を注入すると、数 10nm 離れた位置の位相欠陥が一次的に移動する。図 (b-e) のように、電子を注入するごとに、この移動が生じる。これは、表面状態励起電子が表面を伝播し、その電子系のエネルギーが電子格子相互作用により格子系に移ることによって生じている。

Successive STM images of the same area of a Ge(001) surface including a topological defect at 80 K. The defect moves after injecting tunneling electron at the point of white circle in each image as in its right image. The injected hot carrier propagates in the surface states and induces an atom motion at the defect.

研究テーマ Research Subjects

1. 表面ナノ構造物質における電子状態の局所的な空間変化
Local electronic states at the surfaces of nano-structured materials
2. トンネル電子やレーザー光励起による表面現象
Surface dynamical phenomena induced by electron tunneling and photo-excitation
3. 表面ナノ構造物質の電子状態と磁性
Electronic states and magnetism of nano-structured materials
4. 表面ナノ構造物質の形成過程
Formation processes of nano-structured materials at surfaces



ナノスケール物性研究部門 Division of Nanoscale Science
<http://yoshinobu.issp.u-tokyo.ac.jp>

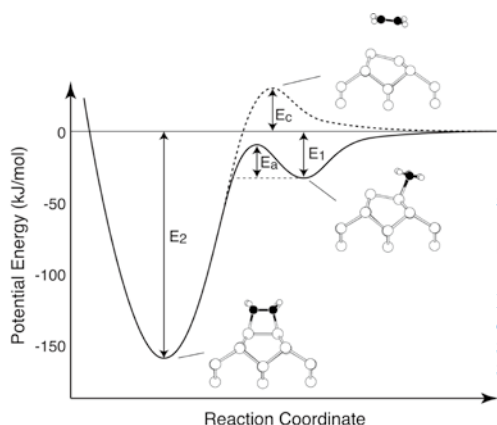
吉信研究室

Yoshinobu Group

助教授 Associate Professor 吉信 淳 Jun YOSHINOBU
 助手 Research Associate 山下良之 Yoshiyuki YAMASHITA

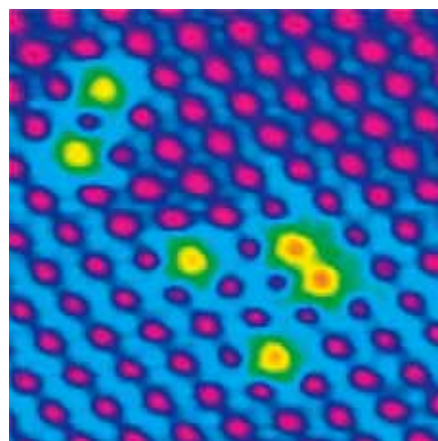
表面の特徴は、バルクの対称性が破れ表面特有の構造や物性が現れることだけではなく、外部から原子・分子を自在に表面に供給し、新しい物質を構築できる「反応場」として利用できることにある。最近では、原子・分子レベルで制御されたナノマテリアル（例えば、サイズの整ったクラスター、異方性の強い低次元化合物、配向の特定された分子凝集系など）や人工デバイス構造を作製することも可能となってきた。原子スケールで反応を制御するためには表面における物質移動や反応などを理解することが不可欠である。さらに、表面ダイナミクスの研究は、触媒反応・半導体プロセス・分子エレクトロニクスと密接に関連しており、宇宙における分子進化につ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、表面ナノ物質の構築および表面界面の電子物性を、表面振動分光、光電子分光などの表面分光法と走査型トンネル顕微鏡を駆使して研究している。また、必要に応じて放射光（UVSOR、KEK-PF、SPring-8）を用いた実験も行っている。

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



Si(100) 表面の非対称ダイマーへのエチレンの吸着過程。ポテンシャルエネルギー図とモデル図。前駆状態を表面振動分光で捕らえることに成功した（文献参照）。

Precursor mediated adsorption of ethylene on the asymmetric dimer on Si(100) [Nagao et al., J. Am. Chem. Soc. **126**(2004)9922].



Si(100)c(4x2) に吸着したトリメチルアミン分子の STM 像。トリメチルアミンは電子吸引性のサイトに選択的に吸着する。

An STM image of site-specific chemisorption of trimethylamine molecules on Si(100)c(4x2).

研究テーマ Research Subjects

1. 有機分子 = 半導体表面ハイブリッド系の構築と吸着分子の電子物性
Organic molecules on Si surface as novel hybrid materials
2. 金属表面における原子・分子のダイナミクス
Dynamics 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 water ice
4. 微小領域電子ビームによる表面反応誘起と分析
Electron induced surface processes in nano-scale
5. 放射光分光による半導体表面界面の電子状態
Investigation of electronic states at semiconductor surface and interface



ナノスケール物性研究部門 Division of Nanoscale Science
<http://hasegawa.issp.u-tokyo.ac.jp>

長谷川研究室

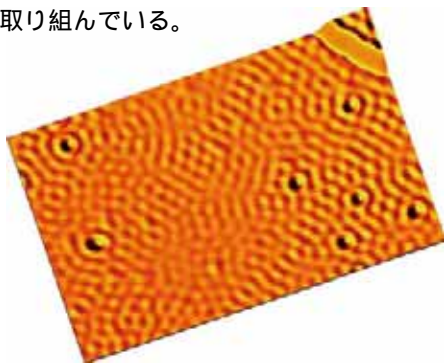
Hasegawa Group

助教授	長谷川 幸雄
Associate Professor	Yukio HASEGAWA
助手	江口 豊明
Research Associate	Toyoaki EGUCHI

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: 1.4nm) を形成している。

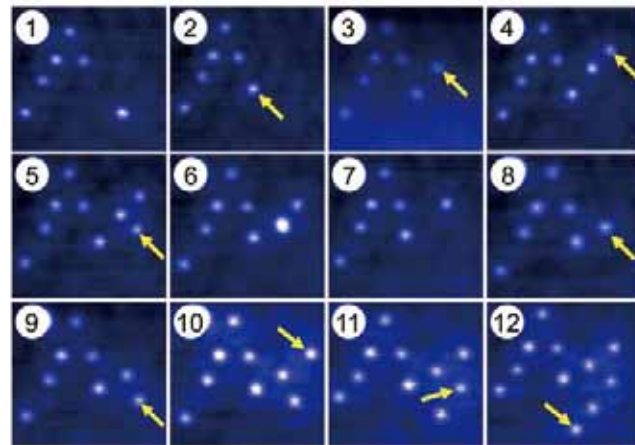
An STM image of Cu(111) surface. Electron standing waves, which are formed as a result of scattering and interference of surface electronic states by steps and surface defects, are observed. The wave length of the oscillatory structure is 1.4nm.

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

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

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

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



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

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

研究テーマ Research Subjects

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



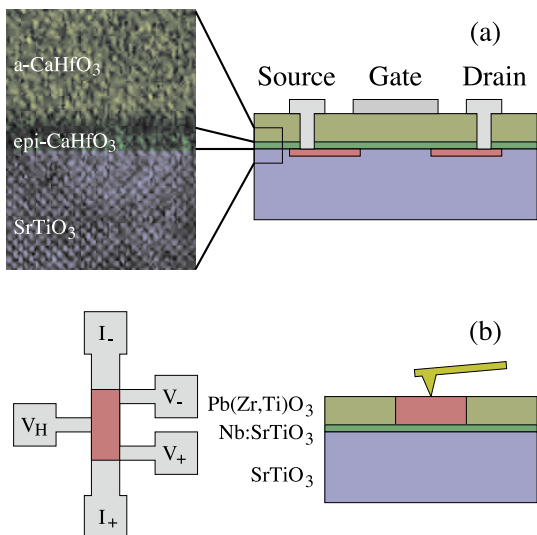
ナノスケール物性研究部門 Division of Nanoscale Science
http://lippmaa.issp.u-tokyo.ac.jp

リップマー研究室

Lippmaa Group

助教授 Associate Professor リップマー ミック Mikk LIPPMAN
助手 Research Associate 大西 剛 Tsuyoshi OHNISHI

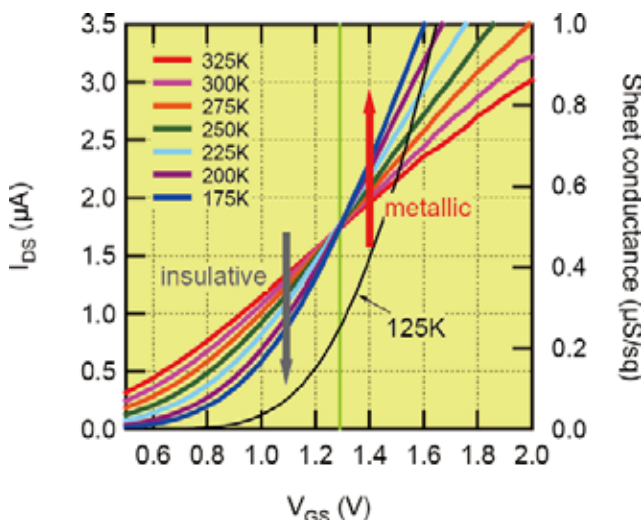
遷移金属酸化物ヘテロ構造の作製とその電子物性について研究を行っている。数分子層程度の極薄い領域での物理特性は、ナノドットやナノワイヤーにおけるサイズ効果や、電荷移動・交換相互作用・結晶欠陥などの隣り合う原子層との相互作用によって決まる。当研究室では電界効果によりキャリア密度を変調することで、薄い界面に電子的相転移を引き起こすことを目的としている。この目的のために、パルスレーザー堆積法で作製したエピタキシャル酸化物ヘテロ構造をベースとした酸化物電界効果トランジスタを構築している。デバイス開発に加えて、複合酸化物の薄膜作製技術の向上にも取り組むとともに、酸化物薄膜の原子・電子構造を評価する多数の研究グループと共同研究を行っている。



(a) エピタキシャル酸化物 FET のデバイス構造。透過電子顕微鏡像はチャネル界面の詳細な情報を表している。(b) 強誘電 Pb(Zr,Ti)O₃ カバーレイヤーの極性を反転させることで Nb ドープ SrTiO₃ 層のキャリア密度を変調したデバイス。

(a) The device structure of an epitaxial oxide FET. A transmission electron microscope image shows details of the channel interface. (b) A device where the carrier density in a thin superconducting Nb-doped SrTiO₃ layer is modulated by changing the poling direction of a ferroelectric Pb(Zr,Ti)O₃ cover layer.

We study the growth and electronic behavior of transition-metal oxide heterostructures. The physical properties of very thin oxide layers that are usually only a few unit cells thick, are dominated by size effects, as in nanodots or nanowires, and by interactions with neighboring atomic layers due to charge transfer, exchange interactions, and crystal defects. Our aim is to observe electronic phase transitions in thin interface layers, induced by modulating the carrier concentration by electric field effect. For this purpose, we develop oxide field-effect transistors based on epitaxial oxide heterostructures that are grown by pulsed laser deposition. In addition to the device development, we also work on the development of improved thin film growth techniques for complex oxides and collaborate with various other groups on the characterization of the atomic and electronic structure of oxide thin films.



ゲートバイアスと温度を関数とした SrTiO₃ FET のチャネル電流のプロット。チャネルは 1.3V 以上のゲートバイアスで金属状態になっている。これは、絶縁体-金属の転移が FET の薄いチャネル層で起こったことを示している。

The channel current of a SrTiO₃ FET plotted as a function of gate bias and temperature. The channel becomes metallic above a gate bias of ~ 1.3 V, showing that an insulator-to-metal transition occurs in the thin channel layer of the FET.

研究テーマ Research Subjects

1. 電子物性を伴った高品質な複合遷移金属酸化物薄膜の成長
The growth of complex electronic-quality transition-metal oxide thin films
2. エピタキシャル酸化物ナノドットやナノワイヤーの成長ダイナミクス
Growth dynamics of epitaxial oxide nanodots and nanowires
3. 酸化物ヘテロ構造におけるキャリア密度の電界効果変調
Field-effect modulation of carrier density in oxide heterostructures
4. 電界効果誘起の電子的相転移
Electronic phase transitions induced by field effect



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

河合研究室

Kawai Group

客員助教授

Visiting Associate Professor

河合 伸

Hiroshi KAWAI

本研究室では、固体物理学の理論研究に取り組んでいる。特に、固体表面での動的過程の研究を中心としている。

原子的なレベルで制御された表面の研究は、現代固体物理学の主要なテーマの一つである。最近、走査トンネル顕微鏡などの実験技術の進歩により固体表面の性質が次々と明らかになってきた。また、近年の進歩により、固体表面の動的性質を原子レベルで観測・制御できるようになった。固体表面での動的性質の多くは、量子力学的動的過程に支配されている。そこで、固体表面での動的過程の理論的研究は、ますます重要になっている。我々の研究室の主な研究テーマは、1) 走査トンネル電子顕微鏡観測下における半導体表面構造相転移、2) 走査トンネル電子顕微鏡の電流および低エネルギー電子線照射による半導体表面の振動励起、3) 半導体表面における励起誘起冷却、4) 電子振動相互作用を通じた量子コヒーレント過程による半導体表面構造操作、5) 固体表面における原子構造の遠隔コヒーレント構造操作。

We conduct education and theoretical researches in condensed matter physics. In researches, we are focusing on the dynamical processes on solid state surfaces.

Science of atomically controlled surfaces is one of most important fields in modern condensed matter physics. The advancements in experimental technologies including the scanning tunneling microscopy have contributed to investigation of the properties of the surfaces. The latest advancement enable to observe and control the dynamical processes on the surfaces in the atomic level. Many of the dynamical properties are dominated by the dynamical quantum processes. The theoretical researches on the dynamical processes on solid state surfaces are increasingly growing to be important. The followings are our research subjects. 1) Structural phase transitions between ordered phases on semiconductor surfaces under observation of scanning tunneling microscopy. 2) Vibrational excitations on semiconductor surfaces induced by the tunneling current of the scanning tunneling microscopy and the low energy electron irradiation. 3) The excitation-induced cooling on semiconductor surfaces. 4) Structural manipulations on semiconductor surfaces by the coherent quantum processes with electron-vibration interactions 5) Coherent remote manipulations on atomic structures of solid surfaces.



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

エンティン-ウォールマン研究室

Entin-Wohlman Group

外国人客員教授
Visiting Professor

エンティン・ウォールマン オラ
Ora ENTIN-WOHLMAN

1. 量子ドットの近藤効果に対して、運動方程式近似がどこまで適用可能か調べた。電子-正孔の対称点においては、相互作用自己エネルギーの虚部が不連続となるため、グリーン関数が温度に依存しなくなる。この点から離れると、この虚部はフェルミ液体の密度保存則に従って変化する。ところが、フリーデルの総和側が大きく破れてしまうため、バルクでは広く使用されている運動方程式法に基づく簡単な近似は近藤効果を再現しないことが明らかになった。

2. もつれた格子模型によりメゾスコピック Aharonov-Bohm 干渉計を記述することで、物性研究所で得られた伝導度の実験データ(数周期にわたるクーロン振動の磁場依存性)を非常に詳細な点まで説明することに成功した。

1. The applicability of the equations-of-motion technique for quantum dots was analyzed. It was found that at the particle-hole symmetric point the Green function is temperature-independent due to a discontinuous change in the imaginary part of the interacting self-energy, but this imaginary part obeys the Fermi liquid unitarity requirement away from this special point. However, the Friedel sum rule is considerably violated, and consequently the widely-used simplified version of this method fails to produce the Kondo correlations [Phys. Rev. B 73, 125338 (2006)].

2. By using an intricate lattice model to describe small coherent mesoscopic Aharonov-Bohm interferometers, the conductance data (taken in ISSP) was explained in great detail, including the shape of several Coulomb blockade peaks as function of the magnetic flux. [Phys. Rev. B 73, 195329 (2006)].



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

アハロニー研究室

Aharony Group

外国人客員教授
Visiting Professor

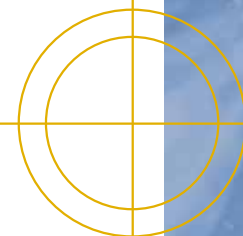
アハロニー アムノン
Amnon AHARONY

物性研究所での滞在期間中、勝本研究室、家研究室と共同で、Aharonov-Bohm (AB) 干渉計の片方の腕に量子ドットを含む系の実験結果に対する理論的解釈を与えることに傾注した。実験結果からは、このような干渉計においては、磁場反転に対して対称な特性を示すオンサガー相反性を満たす一方、磁場に対して完全に周期的な応答を示すとは限らない。すなわち、伝導度のピーク位置は、磁場および量子ドットのゲート電圧の両方に依存して移動し、したがって「AB 位相の固定」と呼ばれてきた現象が破れていることになる。以上の実験結果を、干渉リングを周回する複数の電子経路を考えるモデルで理論的に説明した。更に、量子ドットの共鳴準位がそれぞれ別の周回経路と結合している、という、より簡単化されたモデルを考え、多数のクーロンピークを含むクーロン振動とその磁場による変化の実験結果に対してうまくフィットさせることに成功した。

During this visit, I spent most of the time collaborating with the experimental group of Katsumoto and Iye, attempting to find a theoretical interpretation for their data on the closed Aharonov-Bohm interferometer with a quantum dot on one branch. We found that although the conductance of such an interferometer obeys the Onsager symmetry under magnetic field reversal, it needs not be a periodic function of this field: the conductance maxima move with both the field and the gate voltage on the dot, in an apparent breakdown of 'phase rigidity'. These experimental findings were explained theoretically as resulting from multiple electronic paths around the interferometer ring. Data containing several Coulomb blockade peaks, whose shapes change with the magnetic flux, were fitted to a simple model, in which each resonant level on the dot couples to a different path around the ring. [Phys. Rev. B 74, 014430 (2006)].

極限環境物性研究部門

Division of Physics in Extreme Conditions



物質を超低温、超高压、強磁場、などの極限環境におくと、通常の状態とはまったく異なる性質を示すようになる。超低温における超流動や超伝導現象、超高压における構造相転移や絶縁体・金属転移、強磁場における磁気相転移などが良く知られた例である。これらの著しい現象は、しばしば従来の理論の枠組みの変更を促し、物性研究の新しい局面を切り開くものである。物性研究所では、これまで多年にわたり各種の技術開発を行い、200 万気圧を越える超高压、数 10 マイクロケルビンにおよぶ超低温、毎秒 1 回転の核冷凍システムなど世界最高水準の極限環境の実現に成功し、それらの下で多くの新しい現象を見出してきた。当部門では、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・メソスコピック系
- 4) 多重極限下における相関の強い 4f・5f 電子系



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

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

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 200 GPa and high speed rotation of cryostats at over 6 rad/sec. These machines are frequently used in collaboration with many scientists from all over Japan and abroad. Some of the main subjects are as follows,

- 1) Low dimensional quantum solid and liquid under ultra-low temperatures and high magnetic fields.
- 2) Liquid He in confined geometries under rotation, a possible supersolid ^4He .
- 3) Low dimensional or mesoscopic systems such as organic or semi conductors under ultra-high magnetic fields.
- 4) Strongly correlated heavy electron systems such as 4f or 5f inter-metallic compounds under multiple extreme conditions.

教授 Professor	石本 英彦 Hidehiko ISHIMOTO	助手 Research Associate	山口 明 Akira YAMAGUCHI
助教授 Associate Professor	久保田 実 Minoru KUBOTA	助手 Research Associate	柄木 良友 Yoshitomo KARAKI
助教授 Associate Professor	長田 俊人 Toshihito OSADA	助手 Research Associate	大道 英二 Eiji OHMACHI
助教授 Associate Professor	上床 美也 Yoshiya UWATOKO	助手 Research Associate	辺土 正人 Masato HEDO
助教授（客員） Visiting Associate Professor	稲田 佳彦 Yoshihiko INADA	技術専門員 Technical Associate	五十嵐 武 Takeshi IGARASHI
助教授（客員） Visiting Associate Professor	白浜 圭也 Keiichi SHIRAHAMA	技術専門職員 Technical Associate	内田 和人 Kazuhiro UCHIDA
助教授（客員） Visiting Associate Professor	松原 明 Akira MATSUBARA	技術専門職員 Technical Associate	中澤 和子 Kazuko NAKAZAWA
教授（外国人客員） Visiting Professor	ブンコフ ユーリ Yuriy BUNKOV		



極限環境物性研究部門 Division of Physics in Extreme Conditions
<http://ishimoto.issp.u-tokyo.ac.jp>

石本研究室

Ishimoto Group

教授
Professor

石本 英彦
Hidehiko ISHIMOTO

助手
Research Associate

山口 明
Akira YAMAGUCHI

温度・磁場・圧力は物質の相を決める最も基本的なパラメーターである。当研究室では核冷凍による世界最先端の μK 温度域までの測定が可能で、超伝導磁石による定常強磁場 ($< 20 \text{ T}$)、高圧など他の極端条件とも組み合わせ、新しい量子現象の発見をめざしている。なかでも最もきれいで量子性の強い低次元量子流体・固体における新しいタイプの超流動や磁気秩序の探索、超流動ヘリウム A_1 相のスピンダイナミクス、ナノスケール分子磁性体での巨視的量子トンネル現象など物性物理における基礎的概念の検証に関する実験を行っている。最近の課題の一つは、グラフォイル界面に吸着された2次元ヘリウム3である。とくに反強磁性領域の固体ヘリウム3は、三角格子による幾何学的形状のみならず多体交換相互作用の競合が存在するフラストレーションの強い系で、基底状態がスピン液体であることが示唆されている。10 μK までの帯磁率測定からギャップレスであることが確かめられ、現在強磁場中の基底状態の探索が行われている。その他、磁場中でしか存在しない流動ヘリウム3の A_1 相については、磁気噴水効果を用いてスピン緩和の測定が行われ、ほとんど存在しないと言われてきた少数スピン凝縮対の存在を示唆する結果が得られている。



Fig.1
強磁場・核断熱消磁冷凍機
A large nuclear demagnetization refrigerator in high magnetic fields.

Temperature (T), magnetic field (H) and pressure (P) are the most basic parameters which determine the state of condensed matter. Particularly our facilities cover the temperatures all the way down to μK produced with a nuclear magnetic refrigerator. Quest for novel quantum phenomena is carried out in such a low temperature region, combined with high magnetic field ($< 20 \text{ T}$) produced by a superconducting magnet. Main activities are on the experimental verification of basic concepts in condensed matter physics such as 1) a quest for a new type of superfluidity or magnetic order in the two dimensional quantum liquid and solid 2) a spin fluid dynamics in superfluid ^3He A_1 phase. 3) the quantum tunneling of magnetization in nano-scale molecular magnets. One of the recent results is a confirmation of gapless spin liquid ground state in solid ^3He adsorbed on graphite which forms an ideal two dimensional anti-ferromagnetic triangular lattice. Investigation of its ground state in high magnetic fields is under way. The other work in high magnetic fields is a spin fluid dynamics in the superfluid ^3H A_1 phase. A magnetic fountain effect has been used to investigate the spin relaxation phenomena. The results so far obtained suggest the existence of minute minority spin pair condensate in the A_1 phase as is shown in Fig 2.

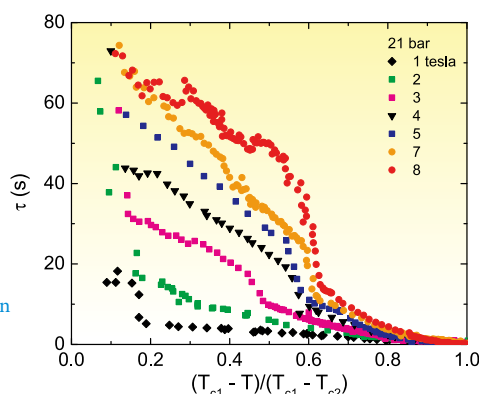


Fig.2
超流動 ^3He A_1 相 ($P = 21 \text{ bars}$)
におけるスピン緩和時間
Spin lattice relaxation in superfluid ^3He A_1 phase as a function of reduced temperature at 21 bars for various magnetic fields. T_{c1} and T_{c2} are the transition temperatures from the normal to A_1 phase and from A_1 to A_2 phase.

研究テーマ Research Subjects

1. 低次元ヘリウム3の磁性と超流動
Magnetism and superfluidity in low dimensional ^3He
2. 強磁場中の偏極超流動ヘリウム3
Highly polarized superfluid ^3He
3. 超低温・強磁場中のフェルミ流体中の荷電粒子
Heavy charged particles in neutral Fermi liquid under high magnetic fields
4. 分子磁性体における量子磁化トンネリング
Quantum tunneling of magnetization in molecular magnet
5. 金属間化合物の核磁性と超伝導
Enhanced nuclear magnetism and superconductivity in intermetallic compounds



極限環境物性研究部門 Division of Physics in Extreme Conditions
<http://kubota.issp.u-tokyo.ac.jp>

久保田研究室

Kubota Group

助教授 Associate Professor 久保田 実 Minoru KUBOTA
 助手 Research Associate 柄木 良友 Yoshitomo KARAKI

固体が超流動になる？

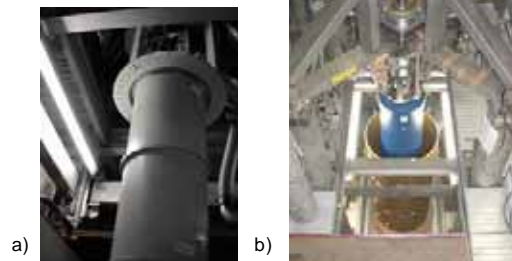
世界で初めてマイクロケルビンの超低温物性実験を行った一人である久保田は、本研究室では超低温までの広い温度範囲と、これまた独自に開発した技術で世界最高速の回転場の下で超流動と量子渦科学の基礎研究を行っている。

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

久保田研では、 ^4He (ボーズ粒子) 及び ^3He (フェルミ粒子) 系の超流動を超低温のもと、回転下など極端な環境下に置いて超流動の本質を解明するとともに、固体ヘリウムなどの新たな系での超流動、量子渦系などの量子現象の発見、解明を目指して研究している。この研究には、電荷を持たない超流動体に制御した量子渦系を生成させるため写真の様な世界にまたない超低温回転冷凍機を用いて行っている。特殊装置を用いたこれらの実験的な、またその解明のため理論的な国内外のグループとの共同研究が進んでいる。

a) 毎秒 6 回転の高速回転稀釈冷凍機、及び b) 毎秒 1 回転迄の超低温回転冷凍機。どちらも世界最高の性能を誇る。

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



Superfluidity in a Crystal?

Kubota was one of the few people who initiated condensed matter experiments at micro-Kelvin ultra low temperatures. Kubota group at ISSP conducts fundamental study on Superfluidity and Quantized vortices under rotation down to Ultra Low temperatures at the world highest speed below 1K. Superfluidity is now seen in dilute gases (Bose Einstein Condensation, BEC), in Quantum liquids, and very recently also in Quantum solids. Superfluidity really is a Quantum phenomena of macroscopic scales. The phenomena of Non Classical Rotational Inertia (NCRI), where some mass of the matter does not rotate with its rotating container, has long been thought to be peculiar to Bose Einstein condensates of certain liquids and gases, but recently it is observed also in bulk solid ^4He . Solid crystals have regular lattice ordering. In addition superfluidity has an order in the momentum space simultaneously. This is a quantum phenomena at macroscopic scales.

Kubota group studies superfluidity of both fermion systems (liquid ^3He , etc) and Bose systems (^4He systems, H systems, etc) under extreme conditions including under the world fastest rotation and ultra low temperatures. The group investigates not only known systems of superfluidity, but also new candidate systems to expect superfluidity and/or new quantum phenomena. And actually studying solid He under rotation. Superfluidity mediated by vacancy excitations other than solid ^4He is also of great interest. The group cooperates with many groups of national and international teams for such activities.

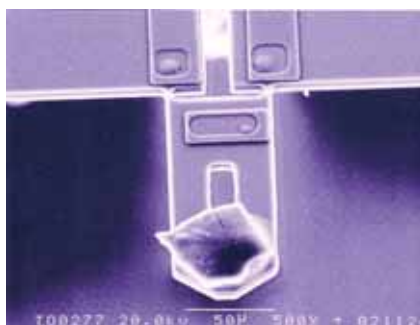
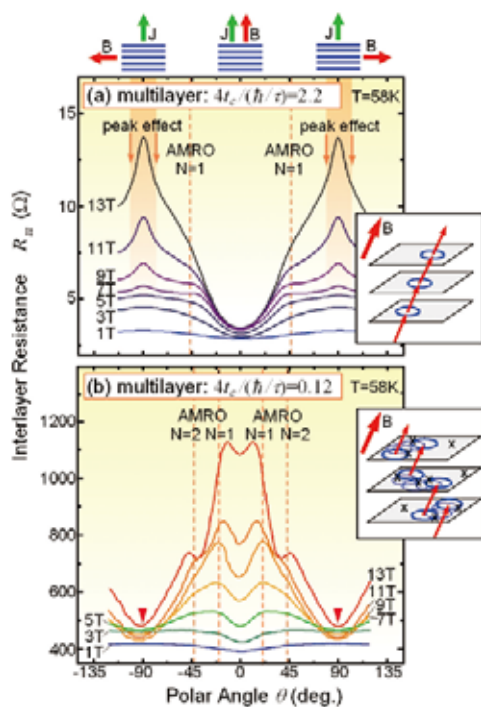
研究テーマ Research Subjects

1. 超流動と量子渦科学の基礎研究
Fundamental study of superfluidity and quantized vortices
2. 新しい超流動と量子現象の探索と解明
Search for new superfluids and quantum phenomena
3. 超低温物性研究
Condensed matter study down to ultra low temperatures



低次元・ナノ構造電子系の強磁場伝導物性。低次元系やナノ構造など微小な空間構造を持つ電子系が、磁場中で示す新現象の探索・解明と制御・応用に関する研究を行っている。特に電子軌道運動・磁束（電子渦）・系の空間構造（トポロジー）の整合性に絡んだ量子効果・幾何効果・多体効果に興味がある。具体的には、有機導体などの低次元結晶や半導体超格子などの人工低次元系、及びそれらを微細加工したナノ構造を対象として、磁場方位依存性の精密測定やマイクロマシン素子を利用した微細計測などを手段として、新しい伝導現象や電子相に関する研究を機動的に行っている。また新しい電子構造研究手法の提案や微細計測技術の開発も行っている。

Transport study of low-dimensional or nano-structure electron systems under high magnetic fields: To search for new phenomena in electron systems with small spatial structures, to clarify their mechanisms, and to control them for application. We have a great interest in quantum effects, topological effects, or many-body effects relating to commensurability among electron orbital motions, vortices (magnetic flux), and spatial structures (topology). In low-dimensional systems such as organic crystals or artificial semiconductor superlattices, and their micro-fabricated nano-structures, we flexibly explore new transport phenomena and electronic states using precise field rotation or MEMS probes. We also propose new experimental methods to study electronic structures and develop new micro-scale measurement techniques.



100 ナノグラムの微小単結晶試料をセットしたカンチレバーの走査電子顕微鏡像。市販の AFM 用カンチレバーを利用して精密磁気トルク測定が可能となった。

Scanning electron microscope image of the micro-cantilever on which a small sample crystal with the mass of 100ng is mounted. Precise magnetic torque measurement have become possible using commercially available AFM cantilever.

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バックグラウンドの振舞いが層間コヒーレンスの違いに起因することを示した実験である。

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 is the experiment which shows that the background angle-dependence of interlayer magnetoresistance depends on the coherence of interlayer coupling in layered conductors.

研究テーマ Research Subjects

1. 層状物質の角度依存層間磁気伝導の局所性と層間コヒーレンス
Interlayer coherence and local natures in angle-dependent magnetotransport in layered conductors
2. 低次元有機導体の磁場中電荷・スピン密度波状態
Charge/spin density wave phases under magnetic fields in low-dimensional organic conductors
3. 多層量子ホール系のカイラル表面状態
Chiral surface state in multilayer quantum Hall systems
4. 低次元物質等の人工微細構造の作製と物性
Fabrication and transport studies of artificial micro-structures of low-dimensional conductors
5. 電場磁場中ブロッホ電子系におけるカオスと電気伝導
Chaos and electron transport in Bloch electron systems under magnetic and electronic fields



極限環境物性研究部門 Division of Physics in Extreme Conditions
<http://uwatoko.issp.u-tokyo.ac.jp>

上床研究室

Uwatoko Group

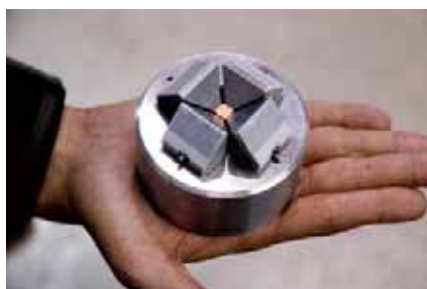
助教授 Associate Professor 上床 美也 Yoshiya UWATOKO
 助手 Research Associate 辺土 正人 Masato HEDO

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を作り出すことは、極めて困難であり、特に、超高圧発生技術の遅れがその足枷となっている。

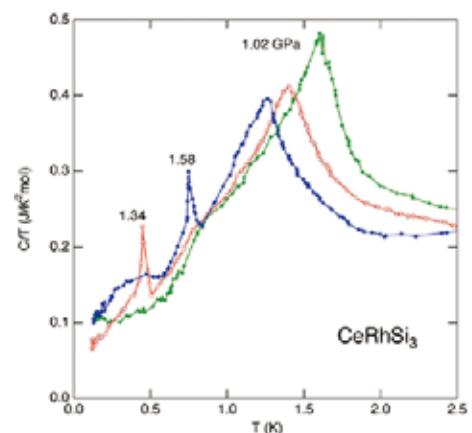
当研究室では、超高圧技術の開発そのものに挑戦的に取り組み、低温や高磁場と同様な手軽さで、高精度の超高圧を発生することを目指し、極低温および定常強磁場を駆使した極限環境下での物性研究を進めている。結晶固体には格子の振動の自由度と、電子の電荷、スピン、軌道という基本的な自由度があり、強相関電子系物質ではこれらが複雑に絡み合いながら種々の相互作用が競合している。「極低温、超高圧下で、物質はどのような性質を見せるのか？また、その出現機構はどうなっているのか？」。圧力下比熱、電気抵抗、磁化、x線回折、中性子回折などの測定を通して下記の研究テーマを進めている。また、物性研究所の役割の一つである共同利用も活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

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になったが、発生圧力は従来と同様に8GPa程度発生することが可能である。

The weight became 10 times smaller than the Old Cubic Anvil apparatus, but can generate up to 8 GPa, as same as the previous 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.



圧力誘起超伝導体 CeRhSi₃ の圧力下比熱測定の結果。1.1 GPa 以上の圧力下において超伝導転移に伴う新しいピークが出現した。加圧とともに超伝導転移温度は上昇している。本研究により、CeRhSi₃ の圧力誘起の超伝導相がバルクなものであることが明らかとなった。

A result of specific heat measurements under high pressure on the pressure induced superconductor CeRhSi₃. A new peak due to superconducting transition appears at $P = 1.1$ GPa. The superconducting transition temperature rises with increasing pressure. In this study, it became clear that pressure-induced superconductivity of CeRhSi₃ is a bulk property.

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. 10GPa 級超高圧発生技術と極低温精密物性測定
The 10GPa-class high pressure generating technology and the physical property measurements in the dilution refrigerator temperature range



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

稲田研究室

Inada Group

客員助教授

Visiting Associate Professor

稲田 佳彦

Yoshihiko INADA

当研究室では、機動性の高いスティック式冷凍機を開発し、圧力下磁気物性の研究を行っている。強相関電子系物質を主な研究対象として量子臨界現象を研究している。圧力装置は、ピストンシリンダー型圧力装置およびダイヤモンドアンビル型圧力装置を対象に装置開発を行っている。高圧下物性研究では、圧力、温度、磁場等のパラメータを頻繁に変化させながら実験を行なうため、簡便に冷却できるコンパクトな冷凍機が必要である。当研究室では、活性炭吸着ポンプとJT効果を利用した ^3He - ^4He 希釈冷凍機および ^3He クライオスタットを試作し圧力下磁気測定に利用している。機械的ポンプを使用しないため軽量コンパクトであり、ガスのコンダクタンスおよび熱リークに有利であることから冷却能力の優れたクライオスタットが製作可能である。この特徴を活かし、引き抜き磁化測定等の様々な物性測定に応用する予定である。強相関重い電子系では極低温測定が必要不可欠であり、開発する冷凍機が活躍すると期待している。

We will develop new types of cryostats to promote in studies of the strongly correlated electron systems under the high pressure. They are designed to be compact and easy to cool without large mechanical pump outside of the cryostat. The ^3He cryostat and the ^3He - ^4He dilution refrigerator with charcoal absorption pump and JT effect have the advantage of keeping high conductance of gas flow and small heat leak, therefore they can perform well in cooling power.

In the heavy fermion strongly correlated electron systems, characteristic temperatures are usually very low, so it is necessary to measure at very low temperature of below 0.1 K. We will apply the new cryostats to measure the magnetization under the high pressure with a piston-cylinder cell and diamond-anvil cell.



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

白浜研究室

Shirahama Group

客員助教授

Visiting Associate Professor

白浜 圭也

Keiya SHIRAHAMA

低温物理学におけるヘリウムの研究は長い歴史を持つが、近年当研究室でナノ多孔体中ヘリウムにおいて量子相転移が発見され、また米国で固体ヘリウム4が「超流動」的な振る舞いを示すことが見いだされるなど、新しい現象が続々と発見され新たな研究展開の舞台となっている。当研究室では21世紀の新しい物性物理学の潮流を生み出すべく、ヘリウムを中心とした量子流体・固体の実験研究を独自の視点で展開している。物性研究所においては久保田研究室と協力して、固体ヘリウムの「超流動ダイナミクス」を回転希釈冷凍機を用いて研究している。現在複数の捻れ振動子を用いた実験が進行中である。また、種々のナノ多孔体にヘリウム4や水素を加圧して閉じこめることで新しい「強相関ボース粒子系」を創成し、量子相転移（超流動絶縁体転移）・ボース凝縮と超流動の分離などの新奇な量子多体現象の研究を行っている。これらの研究は科学研究費特定領域研究「スーパークリーン物質で実現する新しい量子相の物理」の計画研究として行われている。

Novel quantum phenomena such as supersolidity and quantum phase transition have been recently discovered in helium quantum fluids and solids. These findings open a new avenue in condensed matter physics of 21-st century. In order to create new concepts in low temperature quantum physics, we study and search for quantum phenomena in helium and hydrogen.

In ISSP, collaborating with Kubota laboratory, we examine “supersolid” dynamics in solid helium using the ISSP High Speed rotating dilution refrigerator. Torsional oscillator studies under rotation are underway. In Keio University, we study strongly correlated Bose systems realized by “helium nanostructures”, in which ^4He (or hydrogen) is confined in various porous materials. We pursue new quantum phenomena, including quantum phase transition, Bose glass and supersolidity, by performing thermodynamic and mechanical measurements.



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

松原研究室

Matsubara Group

客員助教授

Visiting Associate Professor

松原 明

Akira MATSUBARA

回転下におけるエアロジェル中の超流動ヘリウム 3 の研究

ヘリウム 3 はフェルミ粒子であり、その超流動状態は p 波のクーパーペアが担い、超伝導との類似など実験・理論の両面において物性物理学において重要な役割を果たしている。物性研究所においては久保田グループが所有する回転核断熱消磁冷凍機を用いて、物性研究所、京都大学、大阪市立大学が共同で、回転下における超流動ヘリウム 3 の様々な状況下での物性測定を行っている。特にエアロジェルと呼ばれる高空孔率（98%以上の空孔率）の物質が超流動ヘリウム 3 に対して不純物のように振舞うとされており、そのエアロジェル中の超流動ヘリウム 3 の回転下での振舞いを調べている。これまでに cw-NMR を用いた実験により、渦のピンニング効果やその移動のダイナミクスの回転速度や温度に対する依存性について測定を行ってきた。今回フランスの CNRS の Bunkov 氏と共に HPD と呼ばれる超流動ヘリウム 3 - B 相におけるコヒーレントモードを用いて、エアロジェル中の超流動ヘリウム 3 の相がどのような状態であるかの同定やエアロジェルによる織目構造への影響、回転に対する織目構造の変化や量子渦の生成機構やその構造について測定を行い、不純物の超流動ヘリウム 3 に対する効果を研究する。

Study of superfluid helium 3 in aerogel under rotation.

Helium 3 is a fermion and its superfluid state is a p-wave superfluid. It is important in the condensed matter physics field. In ISSP, we research the properties of superfluid ^3He under rotation using the rotating demagnetization cryostat which belongs to Kubota-group of ISSP. Superfluid ^3He has several different phases and we measure the magnetic and hydrodynamic properties of each phase of superfluid ^3He under rotation using cw-NMR techniques. Recently "aerogel" can be treated as an impurity against superfluid ^3He but the phase of superfluid ^3He in aerogel is not identified. We want to identify the state of superfluid ^3He in aerogel with HPD state, in which nuclear spins rotate coherently, with parameters such as temperature and the rotation speed. We also research the effects of aerogel and rotation to textures of superfluid ^3He , and the vortex structure and vortex dynamics of superfluid ^3He in aerogel.



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

ブンコフ研究室

Bunkov Group

外国人客員教授
Visiting Professor

ブンコフ ユーリ
Yuriy BUNKOV

制限空間中の超流動 ^3He のスピン - 質量回転

私は、フランス、グルノーブル CNRS からやって来た。そもそも 20 年前、モスクワのカピッツァ研究所の私のグループが HPD、即ち超流動 ^3He の磁気的に励起されたコヒーレントな量子状態を発見した。この状態では、磁化は不均一な磁場のもとでも均一な歳差運動を行なう。私は、また、ヘルシンキ工科大学の超流動ヘリウム 3 の初期回転実験にも参加した。そこでは多数の様々な異なる種類の量子渦が見つかった。グルノーブルではエアロジェルと言う希薄な多孔質ガラス中に入れた超流動ヘリウム 3 の超流動が圧迫される現象を研究している。

しかし、当地、東京大学物性研の久保田先生のグループでのみ、最も複雑な超流動ヘリウム 3 実験は可能である。これこそエアロジェル中の超流動ヘリウム 3 の回転下の HPD 研究だ。この実験から一体何を研究する事が出来るだろうか？ ヘリウム 3 では超流動転移に依って壊れる 3 つの対称性がある。即ち、ゲージ対称性、スピン、及び軌道回転対称性である。エアロジェルはゲージ対称性と相互作用する。HPD はスピン系と相互作用し、回転は軌道の対称性と作用する。我々は、これら 3 つの対称性間のクロスオーバーを研究する事が出来る。今、正に我々は最初の実験結果を得たところで、これから、そのユニークな特性の解明が始まろうとしているところで、今後の展開が面白い。

Spin-mass rotation of superfluid ^3He at restricted geometry.

I have come from CNRS, Grenoble, France. 20 years ago my group in Kapitza institute, Moscow, have found HPD, the magnetically excited coherent quantum state of superfluid ^3He . In this state the magnetization precess homogeneously even in inhomogeneous magnetic field. I have also participated in first investigations of superfluid ^3He under rotation in Helsinki University of Technology. Many different types of quantum vortices were found. In Grenoble, we are studying the suppression of superfluid ^3He by aerogel, which plays a role of impurities.

But only here, in ISSP, in group of professor Kubota, we are able to make the most complicated experiment with ^3He possible. That is the HPD studies of superfluid ^3He in aerogel under rotation. What can we learn from this experiment? There are three symmetries, which are broken in ^3He at superfluid transition: gauge symmetry, spin and orbit rotation symmetries. Aerogel interacts with gauge symmetry, HPD interacts to spin system and rotation interacts to orbital symmetries. We are able to study the crossover of all three symmetries. Now we have got the first results and starts to analyse its unique features.

先端分光研究部門

Division of Advanced Spectroscopy

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

現在、主なテーマとして、

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

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

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

The main current subjects are as follows:

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

教授 Professor	渡部 俊太郎 Shuntaro WATANABE	助手 Research Associate	足立 俊輔 Shunsuke ADACHI
教授 Professor	末元 徹 Tohru SUEMOTO	助手 Research Associate	中嶋 誠 Makoto NAKAJIMA
教授 Professor	辛 埴 Shik SHIN	助手 Research Associate	石坂 香子 Kyoko ISHIZAKA
教授 Professor	高橋 敏男 Toshio TAKAHASHI		
助教授 Associate Professor	黒田 寛人 Hiroto KURODA	助手 Research Associate	馬場 基芳 Motoyoshi BABA
助教授 Associate Professor	秋山 英文 Hidefumi AKIYAMA	助手 Research Associate	吉田 正裕 Masahiro YOSHITA
教授（客員） Visiting Professor	萱沼 洋輔 Yosuke KAYANUMA	技術専門職員 Technical Associate	金井 輝人 Teruto KANAI
教授（外国人客員） Visiting Professor	ニンゲ クン・ゼン Cun-Zheng NING	技術専門職員 Technical Associate	橋本 光博 Mitsuhiro HASHIMOTO



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

渡部研究室

Watanabe Group

教授
Professor

渡部 俊太郎
Shuntaro WATANABE

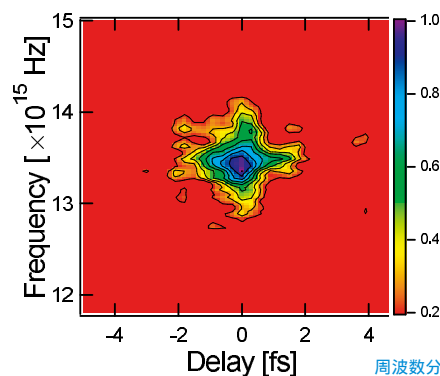
助手
Research Associate

足立 俊輔
Shunsuke ADACHI

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

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

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



周波数分解光ゲート (FROG) 法によるアト秒パルスの測定

Attosecond pulse measurement by frequency-resolved optical gating.

Fig.1 2 分割した高調波 (28eV) の遅延を変えて得られる 2 光子超閾イオン化の電子スペクトル。10 階調の等高線で表してある。

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

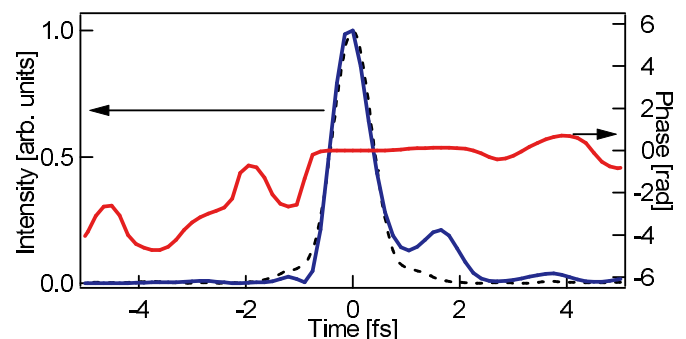


Fig.2 Fig.1 から再生したアト秒パルスの波形 (青) と位相 (赤)。破線はフーリエ限界パルス。

Pulse shape (blue) and phase (red) retrieved from Fig.1. The dashed line corresponds to the Fourier transform-limited pulse.

研究テーマ Research Subjects

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



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

末元研究室

Suemoto Group

教授
Professor

末元 徹
Tohru SUEMOTO

助手
Research Associate

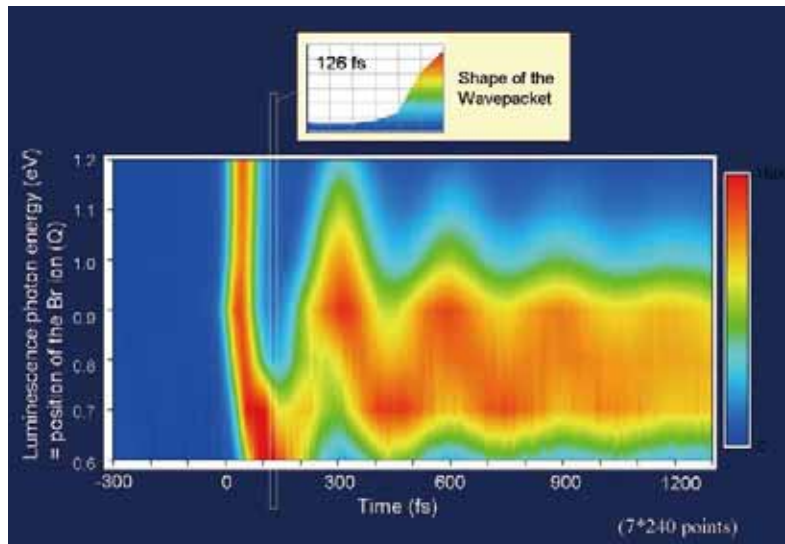
中嶋 誠
Makoto NAKAJIMA

レーザー技術の発展によりさまざまな超短パルス光源が実現されているが、物性研究においてその性能を十分に発揮させるには、光源以外の周辺技術の開発が重要である。当研究室では、極限的な物性測定を追及すると同時に、幅広い物質群に新しい超高速分光方法を適用することを目標としている。このために、波長可変光源、低温測定、磁場下測定、顕微測定装置などの整備を進めている。現在、電子格子緩和、磁気秩序形成、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が、最も重点をおいているのは、素励起スペクトルを時間領域で観測する「実時間領域分光」である。(i) 和周波ゲートによる発光の時間分解、(ii) 反射プローブによるコヒーレント励起分光により、原子の振動、波束形状の時間発展などを超高速で追跡することができるようになっている。さらに、テラヘルツ電磁波を用いたポンプ・プローブ時間分解分光法による光誘起相転移のダイナミクスの研究を開始している。

Various ultrafast laser sources have been invented and developed recent days. However, it is essential to develop corresponding measurement techniques including control of the sample condition, when we want to fully utilize the advantages of the advanced laser sources. The aim of our group is not only to achieve highest records but also to apply the newest ultrafast spectroscopy techniques to wide range of materials. For this purpose, we prepared tunable short pulse sources along with low temperature, high magnetic field and microscope facilities. Our main interest is the dynamics of electron-phonon relaxation, magnetic ordering and photo-induced phase transitions. So-called "time-domain spectroscopy" is the highlight of the present activity. We can observe the atomic vibration including the phase information and the time evolution of the wave packet shape by using ultrafast luminescence and reflection measurements. Recently, we initiated terahertz pump & probe spectroscopy to study the dynamics of photoinduced phase transitions.

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軌跡。発光エネルギーの 0.6 eV は Br イオンの約 0.2 Å の実空間振幅に対応している。垂直の断面は波束の形状 $|\Psi|^2$ を表す。

Trajectory of the wave-packet obtained from the time-resolved luminescence data of self-trapped excitons in platinum complex (Pt-Br). Photon energy of 0.6 eV corresponds to about 0.2 Å in real space amplitude. The vertical cross-section shows the wavepacket shape $|\Psi|^2$.



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・ムービーの制作
Atomic movie based on ultrafast luminescence spectroscopy
2. 擬1次元金属錯体における励起子緩和
Exciton relaxation process in quasi-one-dimensional metal complexes
3. 光誘起相転移のダイナミクス
Dynamics of photoinduced phase transitions
4. テラヘルツ電磁波による時間分解分光
Time-resolved spectroscopy using terahertz radiation



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

辛研究室

Shin Group

教授
Professor

辛 埴
Shik SHIN

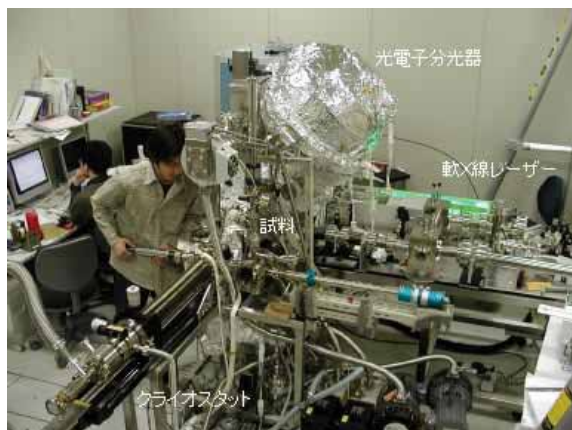
助手
Research Associate

石坂 香子
Kyoko ISHIZAKA

紫外光から軟X線のエネルギー領域の光物性を開拓することによって、固体の電子状態の研究をしている。特に、近年は紫外レーザーを光源として用いた光電子分光を開発しながら物性研究を行うことに力を入れている。

新たに開発されたレーザー光電子分光は0.36meVのエネルギー-分解能を有し、世界最高である。光電子分光は物質の物性を決定するフェルミ面近傍の電子状態を知ることのできる極めて有力な方法である。超伝導体や強相関物質のギャップや擬ギャップ等を観測し、輸送現象に直接関係した電子状態を知ることができるようになった。一方、レーザーの時間的特性を利用してフェムト秒領域の時間分解光電子分光法を開発して、遷移金属化合物、有機物、半導体などの光誘起現象によるダイナミクスを研究している。

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

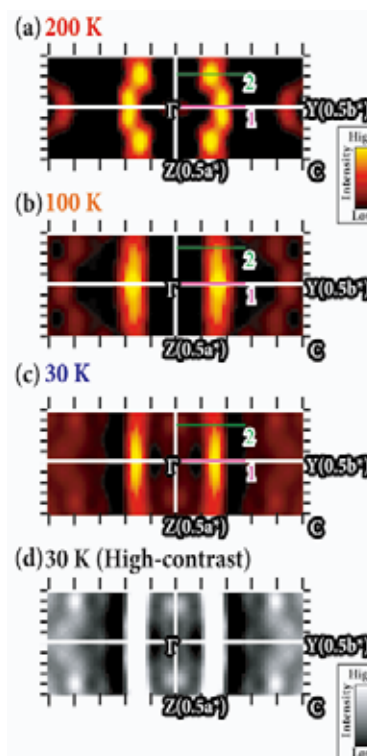


世界最高のエネルギー分解能を持つ極高分解能光電子分光装置

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

The electronic structure of the materials is studied by using vacuum-ultra-violet light and soft X-ray. Especially, we are developing laser-photoemission spectroscopy. Ultra-high resolution laser-photoemission spectroscopy has been developed and we obtained about $\Delta E=0.36\text{meV}$. This is the highest resolution of the world in the photoemission spectroscopy. Ultra-high resolution photoemission spectroscopy is closely related with the transport properties of the solids. We observed superconducting gaps and pseudo-gaps of the strongly correlated materials. We are also developing the new time-resolved photoemission spectroscopy in order to know the photo-induced phenomena.

We study the bio-materials, such as protein and DNA. The electronic structures of these materials are closely related with the functions of the biomaterials. Soft X-ray emission spectroscopy is very powerful for the study of these materials.



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

研究テーマ Research Subjects

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



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

高橋敏男研究室

T. Takahashi Group

教授
Professor

高橋 敏男
Toshio TAKAHASHI

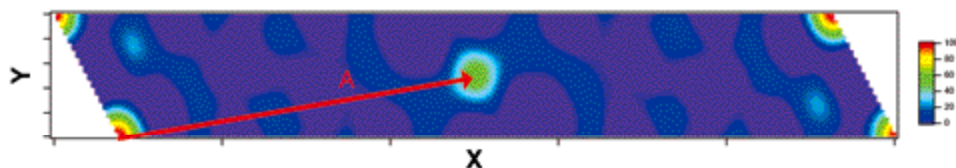
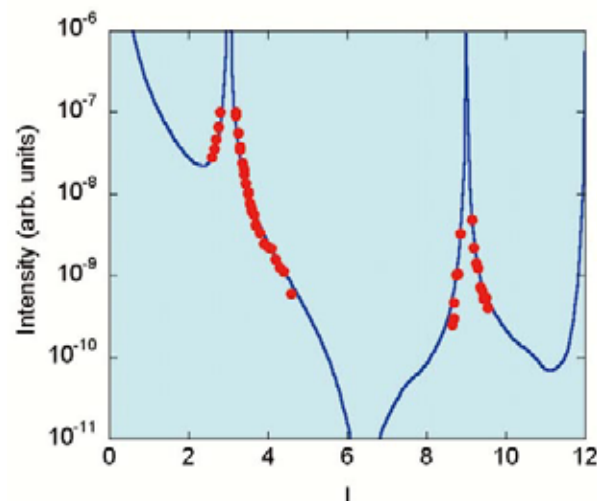
X線などの回折・散乱の基礎研究とその応用。とくに干渉現象を利用して、結晶の表面や界面の構造、ナノ構造などを解明する方法の開発を行い、その結果を利用して興味ある試料について新しい知見を得ている。

たとえば、表面X線回折法を利用して半導体表面上の金属2次元構造や1次元鎖状構造の解析、およびそれらの相転移の研究を行っている。また、位相問題に関する研究も進めている。回折散乱の実験では、観測されるのは散乱波の振幅ではなく強度である。このため、散乱波が本来もっていた位相情報が消えてしまうという位相問題が発生する。この位相問題は、結晶の構造解析では直接法などによりかなり解決しているが、表面や界面ではまだ研究が進んでいない。表面X線回折において干渉効果や多波回折条件を利用する方法、蛍光X線ホログラフィなどの研究を行っている。

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

Si(111)-6×1-Ag 表面で観測された CTR 散乱。鏡面反射に相当する 00 ロッドに沿った積分回折強度。横軸はロッド上の点を指定する指数で、 $l=3$ 、 $l=9$ は、それぞれ、Si 基板の 111、333 ブラッグ点に相当する。それぞれのブラッグ点の前後で非対称な強度変化をしている。この結果を解析すると Ag 原子は Si 基板の Si 2 重層を基準にして 3.1 Å の高さに位置していることが分かった。

CTR(Crystal Truncation Rod) scattering obtained for the Si(111)-6×1-Ag surface. The result indicates that Ag atoms locate at 3.1 Å measured from the top of the Si double layer of the substrate.



Si(111)-6×1-Ag 表面のパターソン図。微小角入射 X 線回折法により観測された非整数次反射の積分回折強度より計算された。図の赤い矢印線 A は、この表面における原子間ベクトルに対応し、Ag-Ag 原子間のベクトルに相当すると考えられる。

Patterson map calculated from integrated intensities observed for the Si(111)-6×1-Ag surface. The arrow in red, indicating an interatomic vector, corresponds to the vector between two Ag atoms on the surface.

研究テーマ Research Subjects

1. X線回折を利用した結晶表面・界面構造、ナノ構造の研究
Studies on surface, interface and nano-structures by diffraction/scattering
2. 新しい人工物質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



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

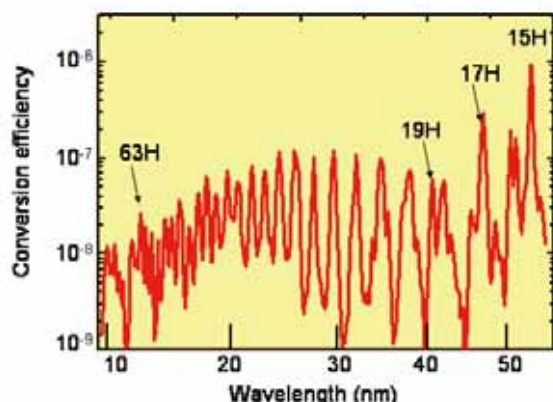
黒田研究室

Kuroda Group

助教授	黒田 寛人
Associate Professor	Hiroto KURODA
助手	馬場 基芳
Research Associate	Motoyoshi BABA

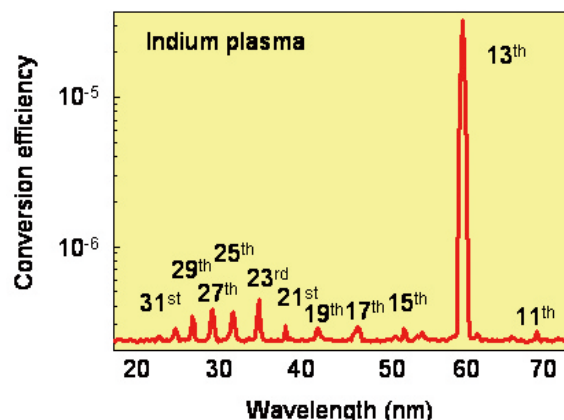
コヒーレントな軟 X 線および軟 X 線レーザーの生成および物理的解明の研究を遂行している。波長 18.9nm における過渡的縦型 Ni 様モリブデン軟 X 線レーザーの発振に世界で初めて成功し、高度化の追求を行っている。さらに新たな軟 X 線領域における光源開発として非線形媒質にレーザー励起アブレーションプラズマを用いた高次高調波の発生と、その高効率化・短波長化を行っており研究が大きく進展した。バナジウムをターゲットに用いたときに 71 次（波長：11.19nm）高調波を得、またインジウムを用いたときに波長 61nm、スズを用いたとき 47nm さらに 37nm の波長域において一つの特次高調波の強力高調波生成に成功した。また、レーザーアブレーション法を用いたナノ構造創成にも成功している。

Extensive studies on physics to generate of coherent Soft X-ray and Soft X-ray lasers are being carried out. Studies on a new scheme of transient collisionally pumped longitudinal Ni-Mo 18.9 nm laser, which was first developed by our group and opened a new trend in Soft X-ray laser, are continued. Furthermore, highly directive higher harmonic generation (HHG) of Soft X-ray using a pre-plasma in ablation mode are also developed and found out it is very interesting as a new physics and also efficiency and other characteristic are desirable. We have shown up to 71st of Ti:S (11.19 nm) by vanadium plasma and found out strong single harmonic enhancement due to strong resonance effect in indium and tin plasma. Nano-material formation and controlling by polarization was also studies by using femtosecond laser system.



ホウ素レーザーアブレーションターゲットを用いた高次高調波スペクトル。チタンサファイアレーザーを基本波とした 65 次高調波まで観測された。

High-order harmonic spectrum from boron laser ablation plume. The 65th harmonic is obtained by irradiating Ti:sapphire laser.



インジウムレーザーアブレーションターゲットを用いたときの制御高調波スペクトル。波長 61.26nm における 13 次高調波のみが共鳴増幅により強度増幅されている。

Spectrum of high-order harmonic generation from the laser ablation indium plume irradiated by femtosecond laser pluse. The enhancement of the 13th harmonic is due to strong resonance with the strong radiative transition of In II.

研究テーマ Research Subjects

1. 波長 18.9nm における Ni 様モリブデン X 線レーザーの高度化
Physics and development of Ni-Mo 18.9nm X-ray laser
2. レーザーアブレーションターゲットを用いた制御高次軟 X 線高調波の生成物理と高度化
New scheme of ablation controlled plasma and anomalous enhancement of single harmonic due to strong resonance
3. FRET、FLIM の蛍光を用いたタンパク質の相互作用理解
FRET and FLIM of luminous proteins
4. レーザーアブレーション法を用いたナノ構造形成と新しい物性
Formation of nano-structure on crystal surface with femtosecond laser pulse irradiation



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

秋山研究室

Akiyama Group

助教授 Associate Professor 秋山 英文 Hidefumi AKIYAMA
助手 Research Associate 吉田 正裕 Masahiro YOSHITA

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。

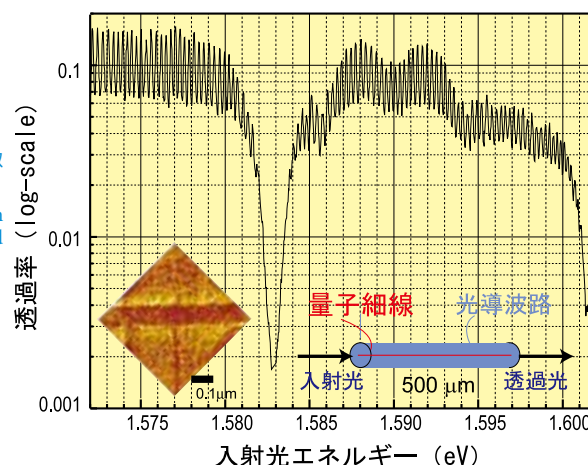
GaAs 薄膜量子井戸構造を T 型につないだような量子構造では、T 型の交点が量子細線として働く。現在、この手法を用いて世界一細くかつ均一な量子細線半導体レーザーを作り、低い電流などの優れた性能を検証しようと研究を進めている。そこで出会う実験事実や問題点新発見などは、1 次元物性、電子正孔系多体問題、レーザー、結晶成長、物質科学、半導体デバイスなど様々な分野に関わる物理研究の題材を提供してくれる。FET (電界効果トランジスタ) 型のドーブ細線構造も実現し、一次元多体電子系の光学物理も調べている。

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、ソリッドイメージング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)



研究テーマ Research Subjects

1. 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. 半導体量子構造の高品質化、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

萱沼研究室

Kayanuma Group

客員教授
Visiting Professor

萱沼 洋輔
Yosuke KAYANUMA

可視域 (~eV) から硬 X 線領域 (~keV) にわたる光励起状態のダイナミクスを理論的に研究している。特に最近、超短パルスレーザーを用いた超高速時間分解応答、非共鳴強レーザー照射下での固体のバンド変調効果 (dressed-band effect)、軟 X 線領域における軽元素の内殻励起子共鳴発光と原子移動ダイナミクス、数 keV 程度の硬 X 線による軽元素光電子スペクトルに見られる反跳効果 (X-ray Mössbauer effect) などの理論研究に取り組んでいる。時間軸およびエネルギー軸でのスペクトル分解能の向上に伴い、予想もしなかった新しい光励起効果が現れてくるのを、多くの実験家との共同研究により解明している。

また、東京大学およびアウグスブルク大学の研究グループと共同で、時間をあらわに含む外場により駆動される電子のコヒーレントダイナミクスの理論を研究している。一例として、位相相関をもつ Landau-Zener 型非断熱遷移を利用した qubit 操作の提案や、circuit QED における qubit Landau-Zener dynamics の解析および予言を行っている。

We are investigating theoretically the dynamical problems in the photo excited state of matter ranging from optical region to hard X-ray region in the energy scale. Specifically, our recent interest is focused upon such topics as the ultra fast relaxation dynamics by ultra short light pulse excitation, the band renormalization effect in semiconductors under an intense off resonant infrared laser field, the dynamical symmetry breaking in the core exciton state of light element materials observed by the resonant X-ray emission spectrum, the recoil effect analogous to the Mössbauer effect observed in high resolution XPS spectra for a hard X-ray irradiation. These works are being carried out in collaboration with a number of experimental groups, and we are enjoying to see unexpected new phenomena emerge at every steps of the improvement of experimental resolution both in the time domain and the energy domain.

We are also studying various aspects of the coherent quantum dynamics driven by time-dependent external fields. This subject is being studied in collaboration with theoretical groups in Augsburg University and the University of Tokyo. For example, we have recently proposed a novel method of qubit manipulation by using the correlated Landau-Zener nonadiabatic transitions.



先端分光研究部門 Division of Advanced Spectroscopy

ニング研究室

Ning Group

外国人客員教授
Visiting Professor

ニング クン・ゼン
Cun-Zheng NING

クーロン多体相互作用がナノ構造の発光や吸収にどう影響するかについて、ハートリーフォックレベルと電子散乱の効果を入れたレベルを比較して研究している。我々は、電子電子散乱と電子フォノン散乱をコンシステントに取り入れるとサブバンド間遷移のスペクトル形状がバンド間遷移に比べて著しく変わることを示している。

サブバンド間遷移をもちいて 2 光子レーザーを実現する方法を研究している。この素子ではクーロン相互作用が重要な役割を果たし、3 サブバンド間の遷移においてサブバンド間プラズモンモードの結合により新たな光透明性が表れることが示されている。

物性研究所においては、秋山研究室と共同で量子細線のバンド間遷移分光の研究を進めている。彼らは GaAs 量子細線における最良の分光実験データを得ており、古くから関心の持たれている励起子モット転移の問題や 1 次元系における光学利得の起源に関して、新たな理解の展望を拓きつつある。秋山研究室と協力して、実験データの解釈に努め、励起子・励起子分子・電子正孔プラズマ系の相転移やクロスオーバーに切り込む新しい実験の検討や提案を進めている。

One of the emphases of our research is how Hartree-Fock level many-body interactions can modify gain and absorption features of semiconductor nanostructures, and further beyond, how scattering effects change the spectral lineshape. We have shown recently how a consistent treatment of electron-electron and electron-phonon scatterings can dramatically affect the spectral lineshape of intersubband transitions, more so than for interband transitions.

In connection with intersubband transitions, our interest is also to investigate how a new type of device, the so-called two-photon laser can in principle be made based on semiconductor intersubband transitions. Coulomb interactions play an important role in the operation of such a device. We have shown Coulomb interaction in intersubband transitions with three subbands can lead to a new transparency due to the coupling of various intersubband plasmon modes.

In terms of interband transitions, my present interest at ISSP is the spectroscopy of quantum wires in collaboration with Akiyama group. They have recently obtained the best spectroscopy data ever on GaAs quantum wires which could shed new light on the understanding of the long standing issue of exciton-Mott transitions and the scenario of how optical gain occur in a one dimensional system. We are working for understanding their experimental data and for designing new experiments to further provide more insights into the phase transitions or cross-over involving exciton, biexciton, and plasma.

軌道放射物性研究施設

Synchrotron Radiation Laboratory

高エネルギー加速器から放射される極紫外から軟X線領域の光（放射光）は、物質の性質（電子状態）を調べるうえで不可欠である。特に、アンジュレータなどの輝度の高い放射光を利用した極紫外・軟X線領域の吸収、光電子分光、発光分光などの実験は、物質の機能発現を微視的に解明する重要な役割を果たしている。本施設の測定系グループは、高エネルギー加速器研究機構（KEK）内に分室を設置してフォトンファクトリー・リング（KEK-PF）に設置した3つの実験ステーションを使ってKEKと協同で全国共同利用実験に提供するとともに、放射光を利用する先端的物性研究や新しい実験技術の開発・研究を行っている。加速器グループは、先端的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。また、極紫外・軟X線放射光を利用する最先端の施設を建設する計画（東京大学アウトステーション計画）を推進し、光源加速器とビームライン分光光学系の設計・開発研究も行っている。

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

教授（施設長） 柿崎 明人
Professor (Director) Akito KAKIZAKI

助教授 中村 典雄
Associate Professor Norio NAKAMURA

助教授（客員） 伊藤 健二
Visiting Associate Professor Kenji ITO

助教授（客員） 小林 幸則
Visiting Associate Professor Yukinori KOBAYASHI

助教授（外国人客員） ヤノヴィッツ クリストフ
Visiting Associate Professor Christoph JANOWITZ

助手
Research Associate

助手
Research Associate

助手
Research Associate

助手
Research Associate

技術専門職員
Technical Associate

技術専門職員
Technical Associate

技術専門職員
Technical Associate

技術専門職員
Technical Associate

技術専門職員
Technical Associate

技術職員
Technical Associate

奥田 太一
Taichi OKUDA

藤澤 正美
Masami FUJISAWA

阪井 寛志
Hiroshi SAKAI

高木 宏之
Hiroyuki TAKAKI

福島 昭子
Akiko FUKUSHIMA

澁谷 孝
Takashi SHIBUYA

原沢 あゆみ
Ayumi HARASAWA

篠江 憲治
Kenji SHINOE

工藤 博文
Hirofumi KUDO

伊藤 功
Isao ITO



軌道放射物性研究施設 Synchrotron Radiation Laboratory
<http://kakizaki.issp.u-tokyo.ac.jp>

測定系グループ

Solid State Spectroscopy Group

教授 Professor	柿崎 明人 Akito KAKIZAKI
助手 Research Associate	奥田 太一 Taichi OKUDA

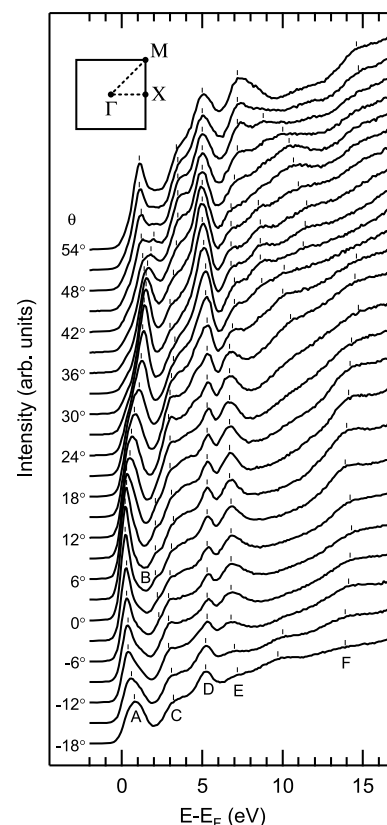
測定系グループは2つの研究室で構成され、高輝度放射光を利用する先端物性研究や新しい実験技術の開発・研究を行っている。測定系グループでは、KEK-PFに設置した偏向電磁石からの放射光を使う角度分解光電子分光実験装置 (BL-18A)、リポルバー型アンジュレータからの高輝度放射光を利用するスピン・角度分解光電子分光実験装置 (BL-19A) と軟X線発光分光実験装置 (BL-19B) の3基の実験ステーションを維持管理し、共同利用実験に提供している。これらのビームラインの年間利用者数は200人を超えている。また、東京大学が計画している極紫外・軟X線領域の高輝度放射光施設のビームライン、分光光学系の設計や建設・整備の中心的な役割を担っている。

最近の主な研究テーマは、スピン分解光電子分光実験による遷移金属薄膜の構造と表面磁性、光電子顕微鏡による磁気イメージ観察、角度分解光電子および逆光電子分光による表面電子状態解析、放射光を利用する走査トンネル顕微鏡の開発などである。

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, maintain and improve two undulator beamlines and three experimental stations at the Photon Factory (KEK-PF); an angle-resolved photoelectron spectrometer (BL-18A), a spin- and angle-resolved photoelectron spectrometer (BL-19A) and a soft X-ray emission spectrometer (BL-19B). Their current interests are the surface magnetism of transition metal thin films, the imaging of nano-structure materials by means of photoelectron emission microscopy (PEEM), unoccupied electronic states of surfaces by a k -resolved inverse photoelectron spectroscopy, etc.

LaB₆(001) 表面の角度分解逆光電子分光スペクトル。La 5d と 4f 状態に起因する表面電子状態がフェルミ準位近傍 (A) と 6.8 eV (E) にみられる。バルクの La 5d および 4f 電子状態のエネルギー位置および表面 4f 状態のエネルギーシフトの大きさを解析した結果、表面 La 層の電荷密度がバルク La に比べて大きくなっていること、そのことが LaB₆(001) 表面の低い仕事関数の原因となっていることが分かった。

k -resolved inverse photoemission spectra of LaB₆(001). The surface states originated from La 5d and 4f states are observed near the Fermi level (A) and 6.8 eV above it, respectively. Analyzing the energies of the features in the spectra, it was deduced that the low work function of LaB₆(001) surface is caused by the higher charge density of La atoms in the topmost surface than those in bulk due to the electron transfer from subsurface to the topmost La layer.



研究テーマ Research Subjects

1. スピン分解光電子分光および磁気円二色性実験による表面磁性の研究
Surface magnetism studied by spin-resolved photoemission and magnetic linear- and circular-dichroism
2. 光電子および逆光電子分光実験による金属および半導体表面・界面の電子状態の研究
Electronic structures of metal and semiconductor surfaces studied by means of photoelectron and inverse photoelectron spectroscopy
3. 光電子顕微鏡による微小試料、微小領域のイメージングと電子状態の研究
Imaging of nano-structure materials by means of photoelectron emission microscope (PEEM)
4. 極紫外・軟X線高輝度放射光を利用するビームライン・分光光学系の設計開発
Design and feasibility study of soft X-ray and VUV beamlines for undulator radiation



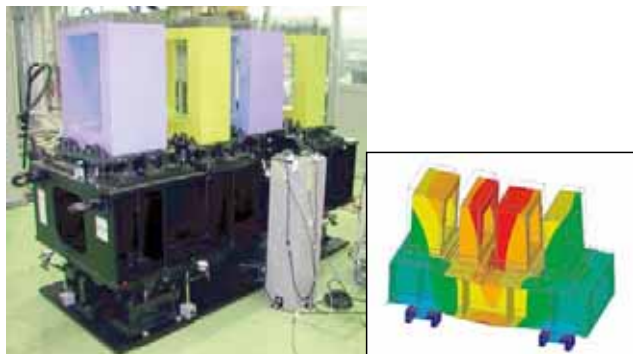
軌道放射物性研究施設 Synchrotron Radiation Laboratory
<http://nakamura.issp.u-tokyo.ac.jp>

加速器グループ

Accelerator Physics Group

助教授	中村 典雄
Associate Professor	Norio NAKAMURA
助手	高木 宏之
Research Associate	Hiroiyuki TAKAKI
助手	阪井 寛志
Research Associate	Hiroshi SAKAI

我々の研究テーマは放射光源を中心とした粒子加速器であり、特に高輝度放射光源やエネルギー回収型ライナック（ERL）などの次世代放射光源が対象となる。我々はこれらの加速器におけるビーム物理を研究するとともに、それらの先端的構成要素の設計・開発を行っている。X線ゾンプレートを用いた高分解能電子ビームプロファイルモニタ、電子ビームのウェイク場を抑制するための挿入光源用銅メッキチェンバー、低エミッタンスラティスのための多重極電磁石用共通架台、軌道安定化のための高性能ビーム位置モニタ、局所補正と全体補正を統合する新しい軌道補正方法、自由電子レーザー（FEL）のような大強度ライナックのための初期ビーム負荷補正システム、オーストラリア放射光施設で採用された高次モード減衰型高周波加速空洞、新しい挿入光源などの研究開発が最近の活動内容である。いずれも最先端放射光源に共通の特徴である低エミッタンス電子ビームと高輝度放射光の生成と安定化にとって非常に重要なテーマである。さらに、エネルギー回収型ライナック用の超伝導加速空洞の研究開発が新たに始まった。



4つのダミー電磁石を載せた低エミッタンスラティス用多重極電磁石共通架台（左）とその3次元構造解析の例（右）。

Photograph of multipole-magnet girder with 4 dummy magnets for low-emittance lattices (left) and a result of 3D structural analysis of this girder (right).

Our research subjects are particle accelerators mainly used as synchrotron radiation sources, especially high-brilliance synchrotron light sources and next-generation synchrotron light sources such as Energy Recovery Linacs (ERLs). We study beam physics in these accelerators and also design and develop their advanced accelerator components and subsystems. Our recent activities are research and development of a high-resolution beam profile monitor using two X-ray zone plates, copper-coated insertion-device vacuum chambers for suppression of the resistive-wall wake fields, a multipole-magnet girder for low-emittance lattices, a high-performance beam position monitor for beam orbit stabilization, a new orbit correction method uniting global and local orbit corrections, an initial-beam-loading compensation system for high-intensity electron linacs like Free Electron Lasers (FELs), a HOM-damped RF cavity adopted in the ASP (Australian Synchrotron Project) light source and novel insertion devices and so on. These are very important for generation and stabilization of low-emittance electron beams and high-brilliance photon beams, which are common features of the most advanced synchrotron light sources. Furthermore R&D of a superconducting RF cavity for ERLs just started.



内面を銅メッキされたステンレス製真空チェンバーの超高真空試験用セットアップ。
 Setup of ultra-high vacuum test for copper-coated stainless steel chamber.

研究テーマ Research Subjects

1. 高輝度放射光源
High-brilliance synchrotron light sources
2. 次世代放射光源
Next-generation synchrotron light sources
3. 先端的加速器構成要素の開発
Developments of advanced accelerator components and subsystems
4. 加速器におけるビーム物理
Beam physics in accelerators



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

伊藤研究室

Ito Group

客員助教授
Visiting Associate Professor

伊藤 健二
Kenji ITO

物質構造科学研究所放射光科学研究施設（PF）では、2.5GeV 電子蓄積リングから発生する真空紫外および軟 X 線領域の放射光を用いてあらゆる物質系の電子物性に関する研究を行うための同領域におけるビームライン技術の開発を行ってきた。東京大学物性研では、既存の放射光源施設に高輝度放射光を利用するビームライン・実験設備を建設・整備することを計画しており、アンジュレータを利用する新しい分光光学系の設計・開発研究が急務となっている。そこで、PF で得られた経験を、軌道放射物性研究施設で検討されている能動光学素子を用いた新しい斜入射分光器の研究開発に活かしていきたい。

We, at the Photon Factory of the Institute of Materials Structure Science, have developed the beamline technology to handle synchrotron radiation in the vacuum ultraviolet and soft X-ray region from the 2.5-GeV PF storage ring for studying electronic structures in gas phase and condensed phase. In the Synchrotron Radiation Laboratory of the ISSP, they are planning to construct some beamlines, which are to be installed at existing high-brilliance synchrotron radiation facilities. It is urgently demanded to design undulator beamlines for soft X-ray region. We will develop R&D on such beamlines of grazing incidence optics with active control optical elements, based the experience at the Photon Factory.



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

小林研究室

Kobayashi Group

客員助教授
Visiting Associate Professor

小林 幸則
Yukinori KOBAYASHI

(1) 蓄積リング型高輝度光源を上回る性能を有すると期待される ERL (Energy Recovery Linac : エネルギー回収型ライナック) 放射光源のための周回部ラティス設計およびビームダイナミックスの研究をしている。周回部には、電子銃で発生した電子ビームの品質(低エミッタンス、低エネルギー分散)を保持し、放射光を発生させ、高効率でエネルギー回収を行わせるという役割がある。そのために必要な最適なラティスおよび品質を劣化させる CSR(Coherent Synchrotron Radiation)の影響やビームロスの原因となるエネルギーのずれによる高次の影響等のビームダイナミックスを加速器グループ(中村研究室)と密接な協力関係のもと調べている。

(2) 蓄積リング型高輝度光源における Top-Up 運転のための新しい入射方式の開発研究を行っている。この新しい入射方式は、従来のように数台のパルス偏向電磁石によるパルスバンパを用いた方式とは異なり、パルス多極電磁石(四極電磁石や六極電磁石)を用いた方式で1台のパルス電磁石で入射を可能にする。パルス四極電磁石を用いたビーム入射はすでに PF-AR において成功しており、現在は加速器グループ(中村研究室)と協力してパルス六極電磁石による入射方式を PF リングで試験することを検討している。

(1) We study the lattice design and the beam dynamics of the arc section in the energy recovery linac, which is expected as one of the 4th generation light source. The arc section has rolls of preserving the high quality (low emittance, low energy spread and so on) of the electron beam generated by the electron gun, producing the synchrotron light and recovering the energy efficiently in the main linac. To obtain the optimum lattice we examine the effects of the emittance deterioration for the coherent synchrotron radiation (CSR) and the cause of the beam loss due to the higher order energy deviation cooperating with the accelerator physics group (Nakamura group).

(2) We have developed new injection system using a single multipole pulsed magnet for the top-up operation in high brilliance synchrotron light sources. The system enables us to inject the beam with only one pulsed magnet without a local bump produced by several pulsed dipole magnets. We have succeeded in the beam injection using a single quadrupole pulsed magnet at the PF-AR. Next we are developing a pulsed sextupole magnet, and going to demonstrate the beam injection using the sextupole at the PF ring cooperating with the accelerator physics group (Nakamura group).



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

ヤノヴィッツ研究室

Janowitz Group

外国人客員教授
Visiting Professor

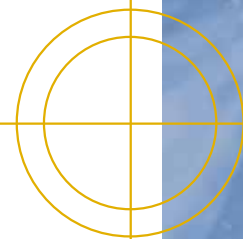
ヤノヴィッツ クリストフ
Christoph JANOWITZ

Bi-系銅酸化物高温超伝導体でみられる次元性や電荷秩序について放射光を利用する光電子分光実験によって研究している。物性研では、フンボルト大学から持参した試料のキャラクタリゼーションのために SQUID による磁化測定、X線解析による構造解析などを行った。フォトンファクトリー BL-18A では4週間の実験を行うことができ、BiSrLaCuO-高温超伝導体の静的ストライプ相とよばれるホールドーピング量が特別な値を持つ領域でフェルミ面が消えるという極めて重要な実験結果を得た。このストライプ相ではフェルミ準位の光電子スペクトル強度が第2ブリルアンゾーンに起因するものであることも分かった。このことは他の高温超伝導体である (Nd)LaSrCuO でも観測され、このストライプ相に共通の振舞であることを示している。

We have been studying the dimensionality effects and charge ordering in Bi-cuprates by means of photoelectron spectroscopy. In ISSP, we characterized the samples we had brought from my home institute, the Institute of Physics of the Humboldt University Berlin, by means of magnetic susceptibility measurements with SQUID, EDX to obtain oxygen content of the samples, etc. We had four-weeks beamtime at the beamline 18A in Photon Factory. We were able to obtain very important results on the disappearance of the Fermi surface on BiSrLaCuO-high temperature superconductors in a special region of hole doping, the so called static stripe phase. It was found that in this stripe phase the maximum intensity near the Fermi energy occurs in the second Brillouin zone. This makes the results similar to that from the other HTc superconductor with the stripe phase (Nd)LaSrCuO and proves the universal behaviour of high Tc's in the doping regime of this stripe phase.

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 13 台を数え利用規模は年間約 300 課題、6,000 人・日に達している。当施設の実施する全国共同利用により、高温超伝導体の研究、フラストレートした磁性体や重い電子系、低次元磁性体等の様々な磁性体の研究をはじめとして、高分子・コロイドの構造や相転移、生体物質の高次構造と機能の研究など、ハードマテリアルからソフトマテリアルまでを含む幅広い物質や材料の基礎研究が中性子散乱を用いて盛んに行われている。また、当施設では日米協力事業「中性子散乱分野」の実施機関としても活動し、我国の中性子散乱研究の発展に貢献している。

Since 1961, the ISSP has been playing a central role in neutron scattering activities in Japan not only by performing its own research programs but also by providing a general user program for the university-owned various neutron scattering spectrometers installed at the research reactor of JAEA (Tokai). In the JRR-3 reactor (20MW), the university group owns 13 spectrometers, and the Neutron Science Laboratory (NSL) provided a general user program. Under this program, close to 300 proposals are submitted each year, and the number of visiting users under this program reaches over 6000 (person-day/year). Major research areas are solid state physics (strongly correlated electron systems, high Tc superconductors, heavy Fermion systems, low dimensional magnetism, high-pressure physics etc.), fundamental physics and neutron beam optics, polymer, chemistry, biology, and materials sciences. The NSL also operates the U.S.-Japan cooperative program on neutron scattering, and supports the development of the neutron-beam based material sciences in Japan.



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

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

教授（施設長） 吉澤 英樹
Professor (Director) Hideki YOSHIZAWA

助手 大原 泰明
Research Associate Yasuaki OOHARA

助手 西 正和
Research Associate Masakazu NISHI

助手 阿曾 尚文
Research Associate Naofumi ASO

教授 柴山 充弘
Professor Mitsuhiro SHIBAYAMA

助教授 廣田 和馬
Associate Professor Kazuma HIROTA

助教授 山室 修
Associate Professor Osamu YAMAMURO

助教授 佐藤 卓
Associate Professor Taku J. SATO

助教授（客員） 高倉 洋礼
Visiting Associate Professor Hiroyuki TAKAKURA

教授（外国人客員） ヴァクルーシェフ セルゲイ
Visiting Professor Sergey B. VAKHRUSHEV

助手 松浦 直人
Research Associate Masato MATSUURA

技術職員 川村 義久
Technical Associate Yoshihisa KAWAMURA

技術職員 渡辺 聡
Technical Associate Satoshi WATANABE

技術職員 浅見 俊夫
Technical Associate Toshio ASAMI

事務職員 後藤 宗利
Administrative Staff Munetoshi GOTO



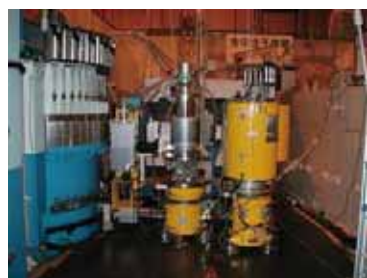
中性子科学研究施設 Neutron Science Laboratory
<http://yoshizawa.issp.u-tokyo.ac.jp>

吉澤研究室

Yoshizawa Group

教授 Professor	吉澤 英樹 Hideki YOSHIZAWA
助手 Research Associate	大原 泰明 Yasuaki OOHARA
助手 Research Associate	阿曾 尚文 Naofumi ASO

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。



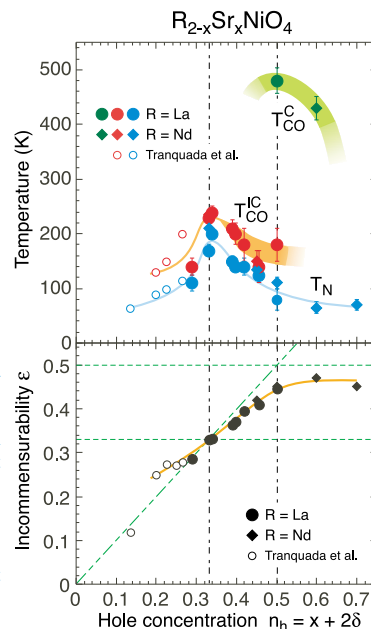
日本原子力研究開発機構 (JAEA) の研究炉 JRR-3 に設置された物性研究所の 3 軸型中性子分光器。

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 Tc 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 Hole-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 Tc cuprate superconductors. The ordering temperatures of the stripe charge as well as spin orderings have the maximums 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



中性子科学研究施設 Neutron Science Laboratory
<http://shibayama.issp.u-tokyo.ac.jp>

柴山研究室

Shibayama Group

教授
Professor

柴山 充弘
Mitsuhiro SHIBAYAMA

ソフトマターとは、我々の身の回りの物や生体物質を構成する高分子・ゲル・コロイド・液晶などに代表される物質・材料のことである。磁性体や超伝導物質などのハードマターでは超高圧や極低温という極限環境において特異的な物性を示すのに対し、ソフトマターでは常温・常圧付近で興味深い物性を示し、多様な機能を果たす。特に生命機構の解明や自己組織化の本質を理解するには「ソフトマターの物理」が重要である。

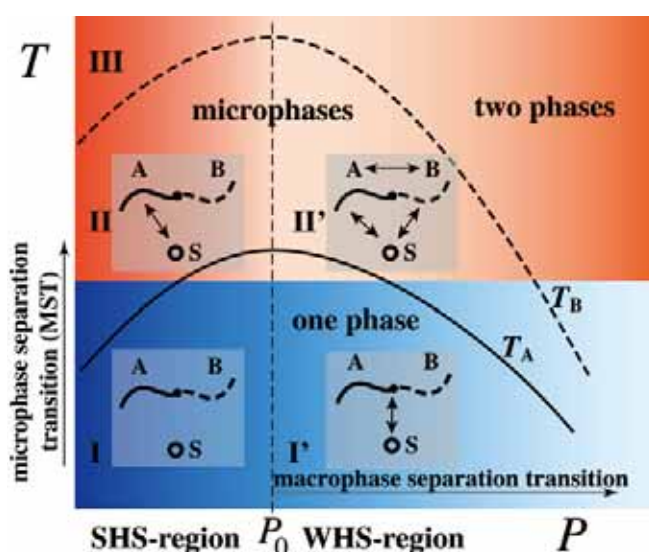
柴山研究室では高分子ゲル、マイクロエマルションを対象として、ソフトマターにおける分子結合相関系の物理の構築・体系化を目指している。特に最近では、ゲルの不均一性の研究のほか、疎水性相互作用の原理の探求、驚異的な力学物性をもつ環動ゲルや有機 無機ハイブリッドナノコンポジットスーパーゲルの構造解明、オイルゲル化剤のゲル化機構の研究、分子シャペロンの研究などを行っている。

世界有数の二次元位置測定小角中性子散乱装置 SANS-U と中性子スピンエコー測定装置 iNSE を中心に、静的動的散乱装置 (SLS/DLS ALV-5000、3 台)、力学・熱物性測定装置、レオメーター、偏光顕微鏡などを用いて、ナノオーダーの構造解析からナノ秒から数千秒までのダイナミクスをカバーした幅広い研究を展開している。

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

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

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



研究テーマ Research Subjects

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



中性子科学研究施設 Neutron Science Laboratory
<http://hirota.issp.u-tokyo.ac.jp>

廣田研究室

Hirota Group

助教授 Associate Professor 廣田 和馬 Kazuma HIROTA
 助手 Research Associate 松浦 直人 Masato MATSUURA

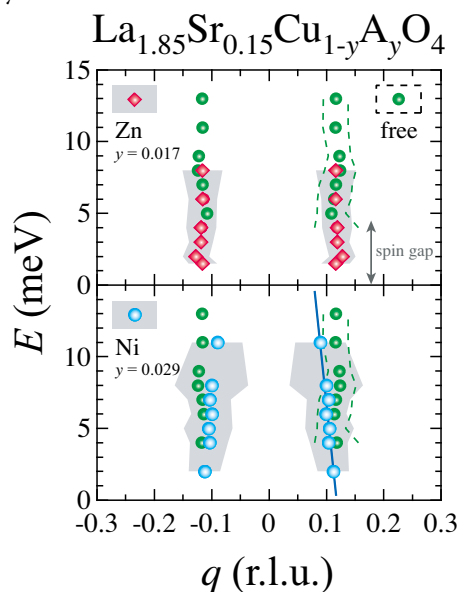
我々は、電子の内部自由度（電荷・スピン・軌道）が格子上で形成する空間構造とそのダイナミクスが、固体の巨視的な物性に決定的な影響を与えていると考えている。具体的には、強相関電子系の電荷・スピン・軌道自由度、リラクサー誘電体のナノスケール空間構造、不純物をドーピングした高温超伝導体のスピンダイナミクスなどを研究している。これらの系では、内部自由度間に働く相関の競合と協力によって、本質的に不均質な状態（intrinsic heterogeneity）をとる傾向がある。また、外場のわずかな変動に対して、複数の相互作用の間の微妙なバランスが崩れることで、極めて大きな応答を示すことがある。そのような場合の秩序変数の記述や時空間構造の解明のために、試料育成・微量分析から中性子散乱実験まで一貫した研究体制を構築している。



プラズマ発光分析装置：少量の試料に含まれる元素を極めて高い精度で定量分析できる。

Induction Coupled Plasma Spectrometer: ICPS can quantitatively analyze the elements in a very small sample with an extremely high accuracy.

Our main subject is to study the spatial structures and dynamic properties of the internal degrees of freedom of electron (charge, spin and orbital) by neutron and X-ray scattering. We mainly focus on the charge, spin and orbital degrees of freedom in strongly correlated electron systems, nanoscale spatial structures in relaxors, and the spin dynamics of impurity-doped high- T_c superconductors. These systems often exhibit intrinsically heterogeneous structures due to competitive and cooperative correlations among internal degrees of freedom. They are also very susceptible to an external field, which disturbs a subtle balance among various interactions. To properly describe the order parameters and clarify the time-space structures of such systems, we have our own neutron and X-ray spectrometers as well as material synthesis and analysis laboratory.



Zn と Ni 不純物をドーピングした高温超伝導体 $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$ の低温磁気励起：Zn はスピンギャップ内に新しい状態を作るのに対し、Ni は磁気励起全体を低エネルギー側へリノーマライズしている。

Spin excitations for Zn or Ni impurity-doped high T_c superconductor $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$ at low temperatures: Zn induces a novel in-gap state, while Ni renormalizes the spin excitations to lower energies.

研究テーマ Research Subjects

1. 強相関電子系の電荷・スピン・軌道自由度の空間構造とダイナミクス
Spatial structures and dynamic properties of strongly correlated systems
2. リラクサー誘電体のナノスケール構造
Nanoscale structures in relaxors
3. 不純物をドーピングした高温超伝導体のスピンダイナミクス
Spin dynamics of impurity-doped high- T_c superconductors
4. 中性子散乱関連の装置、実験手法およびデータ収集システムなどの開発
Development of neutron-scattering instrument, experimental techniques and analyses



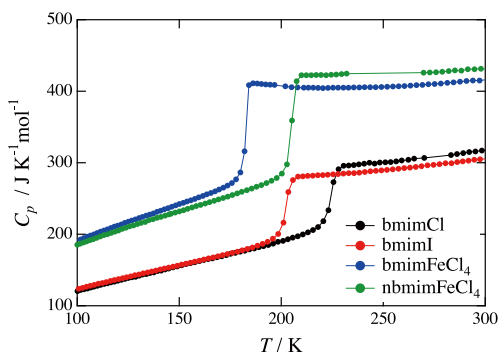
中性子科学研究施設 Neutron Science Laboratory
<http://yamamuro.issp.u-tokyo.ac.jp>

山室研究室

Yamamuro Group

助教授 山室 修
 Associate Professor Osamu YAMAMURO

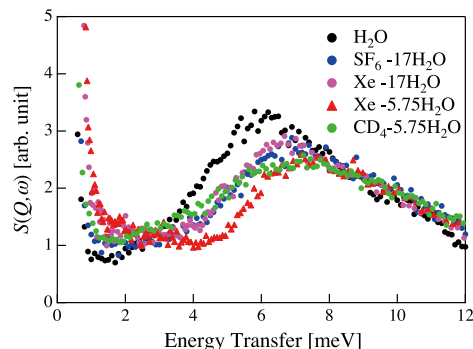
本研究室では複雑凝縮系の化学物理を研究している。現在の主な対象は、ガラス・過冷却液体、水・水溶液、常温イオン液体、包接化合物である。ガラス転移は過冷却液体が構造変化を起こさずに固化する不思議な現象であり、現在の物理学の理論では説明できない。また、ガラスにはボゾンピークなど構造不規則性に由来する多くの未解決問題が存在する。水（水溶液）は人類にとって最も身近で重要な物質であるが、水素結合が織りなす様々な特異物性を示す。常温イオン液体は最近発見された希有な液体で、静電力とファンデルワールス力の競合およびイオン配向のエントロピー効果から、様々な新しい物性が現れる。包接化合物では、ホスト格子に弱く束縛されたゲスト分子の量子化された運動に興味を持たれる。これらの物質に対して、中性子散乱、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。また、物性研究とともに、新しい中性子分光器や熱量計の開発も行う。



イオン液体の熱容量 (bmim は 1-butyl-3-methylimidazolium の略)。全ての物質でガラス転移が見いだされた。

Heat capacities of several ionic liquids (bmim: 1-butyl-3-methylimidazolium). We have found a glass transition in every substance.

We are studying chemical physics of complex condensed matters, especially glasses and supercooled liquids, water and aqueous solutions, room temperature ionic liquids, and clathrate compounds. Glass transition is a mysterious phenomenon in which supercooled liquids solidify without structural change. This phenomenon cannot be explained by current physics. Furthermore, glasses have many unsolved problems (e.g., boson peaks) derived by their structural disorder. Water (aqueous solutions) is the most familiar and important material for humans and also exhibits various unique phenomena derived by hydrogen bonds. Room temperature ionic liquids, found recently, exhibit many interesting physical properties originating from the competing electrostatic and van der Waals interactions and the entropy effect due to orientational disorder of ions. Our interest in clathrate compounds is quantum mechanical motions of guest molecules weakly hindered by host lattices. These substances are investigated from neutron scattering, heat capacity, and dielectric measurements. Our aim is to find simple (?) rules involved in complex systems from the three different points of view, structure, dynamics, and thermodynamic. We are also developing new neutron spectrometers and calorimeters.



低温蒸着法で作成したアモルファス包接水和物の中性子散乱スペクトル。低エネルギー励起強度がゲスト分子のサイズおよび濃度の増大とともに減少している。

Neutron scattering spectra of amorphous clathrate hydrates prepared by low-temperature vapor-deposition. The intensity of low-energy excitations is reduced with increasing size and concentration of guest molecules.

研究テーマ Research Subjects

1. ガラス転移、ボゾンピークなど不規則凝縮系のダイナミクス
Dynamics of disordered condensed systems, such as glass transitions and boson peaks
2. 水および関連物質（クラスレート水和物など）の構造とダイナミクス
Structure and dynamics of water and related materials such as clathrate hydrates
3. 常温イオン液体の熱力学的性質とダイナミクス
Thermal and dynamical properties of room temperature ionic liquids
4. 包接化合物中のゲスト分子のダイナミクス
Dynamics of guest molecules in clathrate compounds
5. 新しい中性子分光器と熱量計の開発
Development of new neutron spectrometers and calorimeters



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

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

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

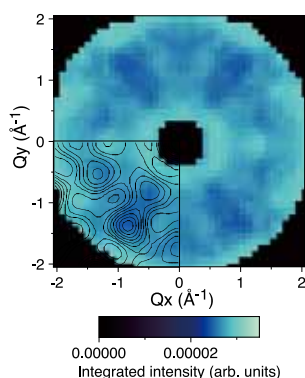


Fig. 2
 単結晶準結晶試料を用いて測定された
 磁気励起ピーク強度の Q 依存性。
 Q-dependence of the integrated
 intensity of the broad inelastic peak,
 measured using a single grain of the
 f-Zn-Mg-Tb quasicrystal.

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

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

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

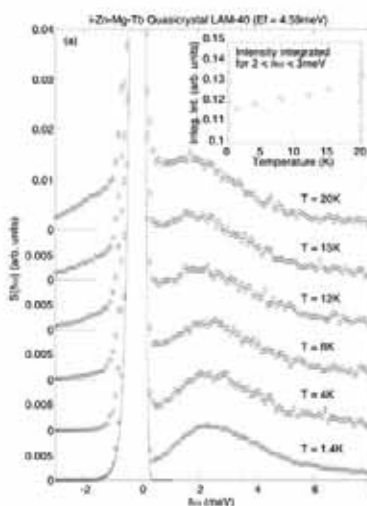


Fig.1
 f-Zn-Mg-Tb 磁性準結晶の磁気
 励起スペクトル。多結晶試料で
 の測定結果。
 Magnetic excitation spectrum
 in the f-Zn-Mg-Tb magnetic
 quasicrystal. Polycrystalline
 sample was used.

研究テーマ Research Subjects

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



中性子科学研究施設 Neutron Science Laboratory

高倉研究室

Takakura Group

客員助教授

Visiting Associate Professor

高倉 洋礼

Hiroyuki TAKAKURA

凝縮系物質の物性の理解やその応用には構造の知識が必要不可欠であるが、非周期結晶は3次元な周期構造を持たないため、構造に関する理解が十分には進んでいない。われわれは非周期結晶のうち、特に構造の理解が進んでいない準結晶の高次元結晶構造解析を、実験室系X線、放射光X線および中性子回折の手法を用いて行っている。それと並行して、高次元結晶構造解析手法の開発、準結晶に関連した構造複雑結晶の構造決定も進めている。当面の目標は、現在までに発見されているすべての準結晶の平均構造（静的構造）を明らかにすることであり、将来的には、動的構造の理解へと発展させ、現実の周期系と非周期系物質における物性の違いを明らかにするための基礎となる構造モデルの提出を目指している。佐藤研究室とは緊密な協力関係にある。

Structural knowledge is essential for understanding the physical properties and tailoring application of condensed matter. However, understanding of atomic structures is still not enough for aperiodic crystals, especially quasicrystals. One of the subjects of our current intensive research is the structure determination of quasicrystals and structurally complex alloy phases including approximant crystals to quasicrystals using laboratory X-rays, synchrotron X-rays and neutrons. We also develop structure determination method of aperiodic crystals. As the future perspective of our research, we intend to understand not only static structure, but also dynamical structure of non-periodic ordered materials. We are in collaboration with Sato-group.



中性子科学研究施設 Neutron Science Laboratory

ヴァクルーシェフ研究室

Vakhrushev Group

外国人客員教授
Visiting Professor

ヴァクルーシェフ セルゲイ
Sergey B. VAKHRUSHEV

物性研究所に滞在した4ヶ月間、廣田研究室と協力してリラクサー誘電体のメゾスコピック構造とナノ複合物質の研究を行った。我々は、リラクサー内において相関するイオン変位を擁する領域の形成過程に関する新しい情報を得た。リラクサーのモデル物質 $\text{PbMg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3}\text{O}_3$ (PMN) について中性子散乱を行い、Burns 温度 (PMN では約 635K) で散乱ベクトルに直交する成分と異方的な成分の2つの散漫散乱が出現することを明らかにした。また、構造因子の解析から、分極とひずみに関する成分が同時に出現することを示した。現在は、これまでに物性研究所と Ioffe 研究所で独立に得られた結果を踏まえながら、今回新しく得られたデータの解析を進めている。我々はさらに、いくつかのナノ複合物質について小角散乱実験を行った。 NaNO_2 /多孔質ガラス系では、温度上昇とともに小角散乱強度が激減することが分かった。他の実験結果と比べることで、 NaNO_2 クラスタがパーコレーションを起こすためと解釈した。今後は、特に中性子散乱と放射光X線散乱を組み合わせた共同研究を計画している。

I was visiting ISSP for four months to cooperate with the Professor Hirota's group in the field of the mesoscopic structure of relaxor ferroelectrics and nanocomposite materials. We have obtained new information related to the initial formation of the region with correlated ionic displacements in the relaxors. In particular we have carried out 2 experiments studying the neutron diffuse scattering in the model relaxor $\text{PbMg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3}\text{O}_3$ (PMN). We have clearly identified the Burns temperature (~635K in PMN) as the temperature of the arising of the diffuse scattering both transverse and anisotropic. Analyzing the structure factor behavior we have succeeded in showing polarization and deformation related components appear simultaneously. We now continue the analysis of the new data together with those independently obtained earlier in the ISSP and the Ioffe Institute. We also have performed small angle experiments on several nanocomposite materials. We have observed substantial decrease of the SANS intensity on heating of the NaNO_2 /porous-glass system that in combination with the other results can be tentatively interpreted as the result of the percolation of NaNO_2 clusters. We made plans of future collaboration with a special emphasis on the combined neutron-synchrotron radiation experiments.

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い、また、新しく開拓された物質群の電気的・磁氣的・光学的性質の総合評価を行っている。これら物質の総合評価の結果は設計および合成にフィードバックされ、DSC サイクルを通して新しい物質の開発が行なわれる。本施設の全国共同利用は、物質設計評価施設運営委員会により運用されている。

The aim of MDCL is to promote materials science with the emphasis on the “DSC cycle” where DSC represents three functions in developing new materials, Design, Synthesis and Characterization. The MDCL consists of two divisions; Materials Design Division (MD-D) and Materials Synthesis and Characterization Division (MSC-D). The Supercomputer Center of ISSP (SCC-ISSP) belongs to MD-D, while in MSC-D there are six sections for joint-use; Materials Synthesis Section, Chemical Analysis Section, X-ray Diffraction Section, Electron Microscope Section, Electromagnetic Measurements Section, and Spectroscopy Section. In MD-D, by making use of its supercomputer system, novel mechanisms behind various cooperative phenomena in condensed matter are explored, and theoretical designs of new materials as well as those of materials with new nanoscale structure 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)	上田 寛	助手	植田 浩明
Professor (Director)	Yutaka UEDA	Research Associate	Hiroaki UEDA
教授	高山 一		
Professor	Hajime TAKAYAMA		
教授	廣井 善二	助手	岡本 佳比古
Professor	Zenji HIROI	Research Associate	Yoshihiko OKAMOTO
助教授	川島 直輝	助手	鈴木 隆史
Associate Professor	Naoki KAWASHIMA	Research Associate	Takafumi SUZUKI
教授 (客員)	岡部 豊	助手	吉本 芳英
Visiting Professor	Yutaka OKABE	Research Associate	Yoshihide YOSHIMOTO
助教授 (客員)	陰山 洋	助手	富田 裕介
Visiting Associate Professor	Hiroshi KAGEYAMA	Research Associate	Yusuke TOMITA
助手	山浦 淳一	助手	石田 晏穂
Research Associate	Jun-Ichi YAMAURA	Research Associate	Yasuo ISHIDA
助手	小黑 勇		
Research Associate	Isamu OGURO		
技術専門員	市原 正樹	技術専門員	北澤 恒男
Technical Associate	Masaki ICHIHARA	Technical Associate	Tsuneo KITAZAWA
技術専門職員	小池 正義	技術専門職員	磯部 正彦
Technical Associate	Masayoshi KOIKE	Technical Associate	Masahiko ISOBE
技術専門職員	山内 徹	技術専門職員	矢田 裕行
Technical Associate	Touru YAMAUCHI	Technical Associate	Hiroyuki YATA
技術職員	木内 陽子	技術職員	福田 毅哉
Technical Associate	Yoko KIUCHI	Technical Associate	Takaki FUKUDA



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



物質設計評価施設 Materials Design and Characterization Laboratory
http://yueda.issp.u-tokyo.ac.jp

上田寛研究室

Y. Ueda Group

教授
Professor

上田 寛
Yutaka UEDA

助手
Research Associate

植田 浩明
Hiroaki UEDA

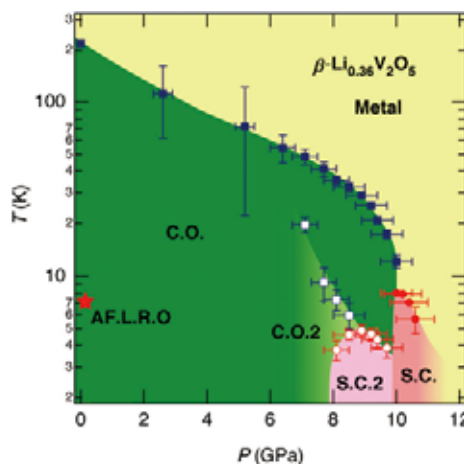
遷移金属を含む酸化物、カルコゲン化物などについて様々な雰囲気下での合成と単結晶育成および構造、相平衡・相転移、電氣的・磁氣的性質について研究し、超伝導、金属絶縁体転移、電荷・軌道秩序、量子スピン現象など新奇な物性を示す無機化合物の開発研究を行っている。

当研究室で最新に発見、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 RBMn_2O_6 、(5)3次元フラストレート系スピネル酸化物、(6)ホランダイト型バナジウム酸化物、などが挙げられる。これらの物質において、それぞれ、(1)励起トリプレットのウィグナー結晶化と磁化プラトー現象、(2)新奇な電荷秩序転移と“悪魔の花”相図、(3)電荷秩序転移と圧力誘起超伝導、(4)新規電荷・軌道秩序転移と室温巨大磁気抵抗、(5)軌道秩序の絡んだスピンパイルの相転移と磁場誘起相転移、(6)金属絶縁体転移、を見出している。

Our primary research effort has been focused upon the development of inorganic materials possessing novel electromagnetic properties such as superconductivity, metal-insulator transition, charge/orbital order and various quantum spin phenomena. The transition metal oxides and chalcogenide have been mainly synthesized under various atmospheres and single crystals of them have been grown by FZ and flux methods. The nonstoichiometry, structure, phase transition and physical properties have been studied by TG-DTA (DSC), X-ray and neutron diffraction, electron microscopy, electrical resistivity and magnetic susceptibility measurements etc. Our recent outcomes are the finding of (1) quantized magnetization plateaus caused by Wigner crystallization of triplets (magnons) in 2D frustrated system $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ with Shastry-Sutherland lattice, (2) novel charge order transition and devil's flower type phase diagram in NaV_2O_5 with a trellis lattice, (3) charge order transitions and pressure-induced superconductivity in quasi 1D conductors $\beta\text{-A}_{0.33}\text{V}_2\text{O}_5$ ($A = \text{Li, Na, Ag, Ca, Sr, Pb}$), (4) new charge/orbital order transitions and room temperature CMR in A-site ordered perovskite manganites RBMn_2O_6 , (5) novel phase transitions caused by the interplay among charge, orbital, spin and lattice degrees of freedom in 3D frustrated spinel oxides, (6) metal-insulator transitions in hollandite vanadates, $\text{A}_2\text{V}_8\text{O}_{16}$ ($A = \text{K and Rb}$).



超高压物性測定装置「圧太郎」と試料部の拡大図。
Physical property measurement system under ultra-high pressure, "Oshitaro", and the enlarged sample part.



$\beta\text{-Li}_{0.33}\text{V}_2\text{O}_5$ の圧力 - 温度 (P-T) 相図。
AF.L.R.O.: 反強磁性秩序、C.O.: 電荷整列非金属相、S.C.: 超伝導相。圧力により電荷整列相は抑えられ、超伝導相が現れる。2種類の超伝導相が存在する。

Pressure-temperature (P-T) phase diagram of $\beta\text{-Li}_{0.33}\text{V}_2\text{O}_5$. AF.L.R.O.: antiferromagnetic order, C.O.: charge ordered phase, S.C.: superconducting phase. The charge ordered phase is suppressed under high pressure and the superconducting phase appears. There exist two kinds of superconducting phase in $\beta\text{-Li}_{0.33}\text{V}_2\text{O}_5$.

研究テーマ Research Subjects

1. 遷移金属を含む酸化物、カルコゲン化物等の合成と不定比性および相平衡の研究
Synthesis of transition metal oxides and chalcogenides by controlling stoichiometry and phase equilibrium
2. 構造およびX線回折のその場観察による構造相転移の研究
Study on structure and phase transition by in situ observation of X-ray and neutron diffractions and electron microscopy
3. 電氣的・磁氣的性質の評価と化学結合および電子相関効果の研究
Study on novel electromagnetic properties related to correlated electrons
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



物質設計評価施設 Materials Design and Characterization Laboratory
<http://takayama.issp.u-tokyo.ac.jp>

高山研究室

Takayama Group

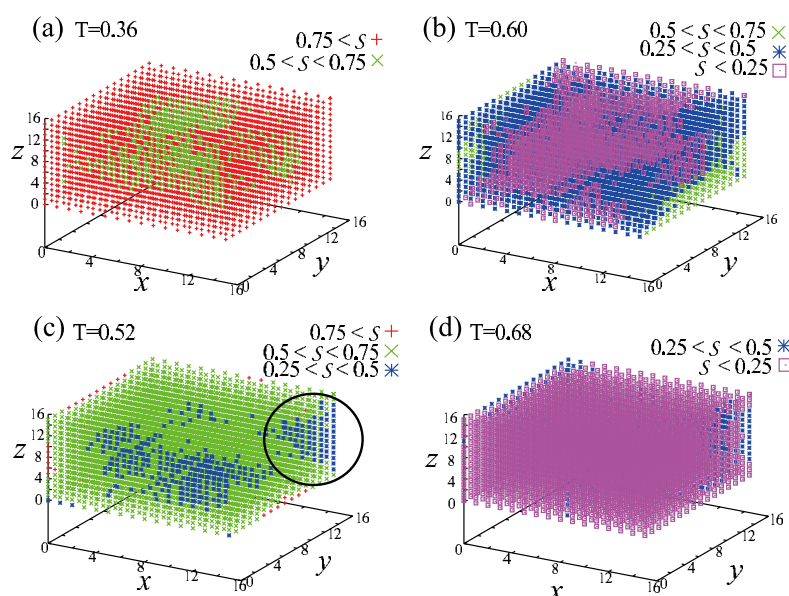
教授 Professor	高山 一 Hajime TAKAYAMA
助手 Research Associate	吉本 芳英 Yoshihide YOSHIMOTO
助手 Research Associate	富田 祐介 Yusuke TOMITA

相反する強磁性相互作用と反強磁性相互作用とが混在するスピングラスを典型とする競合ランダム系、不規則性と量子性とが競合・共存するランダム量子スピ系、さらに、形状などの表面効果・有限サイズ効果が本質的な役割を演ずるナノ磁性体などに関して、それぞれの系に普遍的な現象を新たに発見し、その出現機構を明らかにすべく、「数値実験」を主とする研究を進めている。

ここでの「数値実験」とは、種々の計算物理的手法を用いて、“微視的な理論模型に伴われる自然を数値シミュレーションで見る”ことを意味し、解析的な理論手法がごく限られている上記のランダムな系や有限サイズ系については極めて有力な研究手法である。当研究室では、より複雑な多体系をより短時間でシミュレートするためのアルゴリズムの開発を進めるとともに、最近、スピングラスおよび有限サイズ磁気双極子系における新奇な磁化凍結過程など、興味深い現象を見出している。

Mainly by ‘numerical experiments’, we are studying peculiar cooperative phenomena in various complex systems. They are randomly frustrated systems such as a spin glass where ferro- and antiferro-magnetic interactions are randomly distributed, random quantum spin systems where the interplay between randomness and quantum nature plays a key role, and nanoscopic magnetic systems where the finite-size effect is of crucial importance.

‘Numerical experiments’ here mean that “we look at nature created by a microscopic, theoretical model by means of methods of computational physics”. They are powerful methods particularly for studying random systems and/or finite systems. By developing new algorithms, by which complex systems can be efficiently simulated within available computer resources, and by making use of appropriate models and algorithms, we have found various new phenomena and/or mechanisms such as glassy dynamics in spin glasses, a peculiar freezing process in a magnetic dipolar cube, and so.



磁気双極子間相互作用のみを有する立方体上の古典スピ系における 稜から内部へ のスピンド凝結過程 (S は各サイトの時間平均されたスピンの大きさ)。バルク立方晶での基底状態スピ配置は連続縮退の $O(3)$ 対称性をもつが、結晶軸に平行に切り出された立方体双極子系では稜上のスピが強磁性鎖をなす配位が安定となる。双極子間相互作用が実空間におけるスピ間の相対位置にもよるためであり、そのことに帰着される、次のような新奇なスピンド凝結過程が見出された：稜上のスピンド凝結 (d)、それを核とした磁区の成長 (b)、16 個の磁区の相対配置の選択 (c：丸印の磁区が反転)、基底状態へ凍結 (a)。

‘From-edge-to-interior’ spin freezing in a dipolar cube (system only with the dipole-dipole interaction). The lowest energy spin configuration in a bulk cubic crystal has the continuous $O(3)$ symmetry, which is reduced to the Z_2 symmetry on an edge of a dipolar cube. We have found the following spin-freezing process which is attributed to this symmetry reduction: first freezing of edge spins (d), growth of magnetic domains from the edges (b), inversion of some domains (indicated by a circle in (c)) to reach the lowest energy multi-domain state (a).

研究テーマ Research Subjects

- スピングラスにおける相転移とダイナミクス
Phase transition and dynamics in spin glasses
- 量子 (ランダム) スピ系における量子相転移
Quantum phase transition in quantum (random) spin systems
- ナノ磁性体の相転移様現象とダイナミクス
Phase-transition-like phenomena and dynamics in nanomagnets
- 複雑な系に対する新しい計算物理的手法の開発
Development of new computational methods for complex systems



物質設計評価施設 Materials Design and Characterization Laboratory
<http://hiroi.issp.u-tokyo.ac.jp>

廣井研究室

Hiroi Group

教授
Professor

廣井 善二
Zenji HIROI

助手
Research Associate

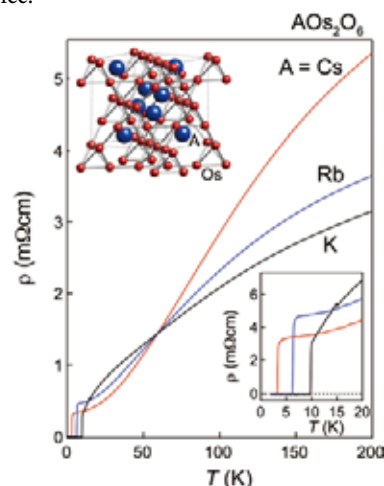
岡本 佳比古
Yoshihiko OKAMOTO

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



物質設計評価施設 Materials Design and Characterization Laboratory
<http://kawashima.issp.u-tokyo.ac.jp>

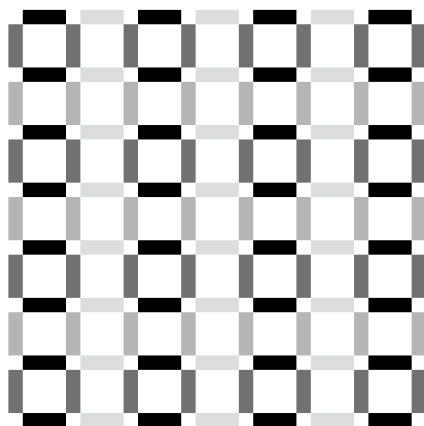
川島研究室

Kawashima Group

助教授 Associate Professor 川島 直輝 Naoki KAWASHIMA
 助手 Research Associate 鈴木 隆史 Takafumi SUZUKI

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量子スピン系、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取り組んでいる。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 biquadratic 相互作用をもつモデルや $SU(N)$ 対称性を持つモデルなど通常のハイゼンベルクモデルでは表現できないモデルに拡張し、基底状態や臨界現象を解明した。このようなモデルに対応する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、biquadratic 相互作用モデルは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したときに起きる現象のモデルとして注目されている。この他、本研究室ではスピングラスなどの古典ランダム系の研究も行っている。

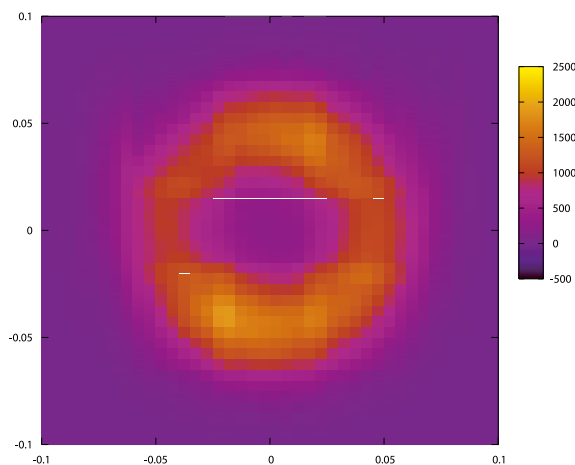


2次元 $SU(N)$ ハイゼンベルクモデルにおいて実現されるVBS状態。線の濃淡はスピン対ごとの相関の強さを示す。基本表現モデルにおいては、このような状態が $N=5$ 以上で出現する。これに対して $N=4$ 以下では基底状態は単なるネール状態である。

The VBS state that appears in the two-dimensional $SU(N)$ Heisenberg model. A darker line corresponds to a spin pairs with stronger correlation. In the model with the fundamental representation, the VBS state becomes the ground state for $N=5$ or larger. For $N=4$ or smaller, on the other hand, the ground state is the simple Neel state.

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 cannot be expressed as a simple Heisenberg model, such as the bilinear-biquadratic model and the $SU(N)$ models. The bilinear-biquadratic model, in particular, is a recent focus of attention since it may be the model of the super-cooled atom system trapped in an optically generated lattice. Besides the quantum models, we are also working on the classical frustrated systems, such as spin glasses.



VBS状態における秩序変数の出現確率分布。横軸は x 方向のダイマー秩序変数、縦軸は y 方向のダイマー秩序変数に対応し、赤色が濃いほど出現頻度が高いことを示す。

The probability distribution of the dimerization order parameter. The horizontal or vertical direction in the figure corresponds to the dimerization in the x or y direction, respectively. The brighter red indicates high probability.

研究テーマ Research Subjects

1. 新しい量子相の探索と量子臨界現象
Search for novel states in quantum systems and quantum critical phenomena
2. 多体問題の数値解法の研究、特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



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

岡部研究室

Okabe Group

客員教授
Visiting Professor

岡部 豊
Yutaka OKABE

相転移現象においてはスケーリングの概念が重要であるが、ランダム性やフラストレーションのある系の相転移のスケーリングの性質、臨界現象、そのダイナミクスなどを研究している。研究手段として、解析的なアプローチと共に、計算物理学的な手法（シミュレーション）に力点をしており、新しいモンテカルロアルゴリズムや最適化アルゴリズムの開発などを推進している。具体的な問題として、最近、非平衡 reweighting 法の提唱、状態密度を求めるモンテカルロアルゴリズムの検討を行い、一方、希釈 XY モデル、次近接相互作用のあるポッツモデルなどにおけるスケーリングの性質、ナノ磁性体のダイナミクスにおけるハイブリッド法の応用、交換バイアスの平均場理論などを手がけている。

The concept of scaling is important in phase transitions. I study the scaling properties, critical phenomena and dynamics of phase transitions for random and frustrated systems. The emphasis is put on the computational physics approach; the development of new Monte Carlo algorithms and optimization algorithms are explored. For example, I have recently proposed the algorithm of nonequilibrium reweighting, and examined the Monte Carlo algorithms to calculate the density of states. I also investigate the scaling properties of the diluted XY model and the Potts model with next-nearest-neighbor interactions. Moreover, the hybrid algorithm for the dynamics of nanomagnets and the mean-field theory for the exchange bias phenomena are studied.



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

陰山研究室

Kageyama Group

客員助教授
Visiting Associate Professor

陰山 洋
Hiroshi KAGEYAMA

当研究室の中心テーマは、低温合成法を用いてトポタクティックに新しい構造を設計し、優れた機能（磁性、電気伝導、光触媒、イオン伝導など）を獲得することにある。特に、イオン交換法によりこれまでに多くの低次元磁性体を得ることに成功している。この手法の利点は、非磁性の母体からでも磁性体が（相図の枠組みを超えて）得られること、高温セラミック法のように研究者の長年の経験や直感に頼らずに（分子を扱う有機化学者がするように）計画的に物質設計ができること、定比反応なのでわずかな欠損に敏感な低次元磁性体の磁性研究にも十分耐えられることなどである。これまでにイオン交換型層状ペロブスカイト $(\text{CuCl})\text{LaNb}_2\text{O}_7$ のスピン液体状態、 $(\text{CuBr})\text{LaNb}_2\text{O}_7$ のストライプ秩序、 $(\text{CuBr})\text{Sr}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ の $1/3$ 磁化プラトーなど多彩な現象を見いだした。これらの現象の解明のほか、単結晶イオン交換体の合成、新たな反応ルートの開拓を精力的に進めている。

The research of my group directs the development of topotactic low-temperature synthetic routes, such as ion-exchange reactions, redox reactions, for the rational design of new inorganic compounds that have improved or new properties. In particular, we found that ion-exchange reactions of layered perovskites are useful to create low-dimensional magnetic systems, as metastable phases that are not formed by a conventional high-temperature reaction method. Among the advantages of this method are (i) magnetic materials (e.g., $(\text{CuCl})\text{LaNb}_2\text{O}_7$) are obtainable starting even from non-magnetic precursors (e.g., $\text{RbLaNb}_2\text{O}_7$), (ii) one can design magnetic lattices of interests such as square lattice and triangular lattice in a rational way, just as molecular chemists do, (iii) obtained ion-exchanged materials are generally of high quality and are stoichiometric, in contrast to (de)intercalated materials, so that one can investigate the low-dimensional magnetism whose properties are known to be easily destroyed by a tiny amount of defects. To date we have obtained, for example, a series of $S = 1/2$ square-lattice antiferromagnets with a range of physical properties including a spin-liquid behavior in $(\text{CuCl})\text{LaNb}_2\text{O}_7$, a stripe magnetic ordering in $(\text{CuBr})\text{LaNb}_2\text{O}_7$, a $1/3$ magnetization plateau in $(\text{CuBr})\text{Sr}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$. Such strategies can be expanded to obtain multi-magnetic-layer systems, and inorganic-organic hybrids with potential multifunctionalities.

物質設計評価施設

物質設計部 (Materials Design Division)

電子計算機室 Supercomputer Center

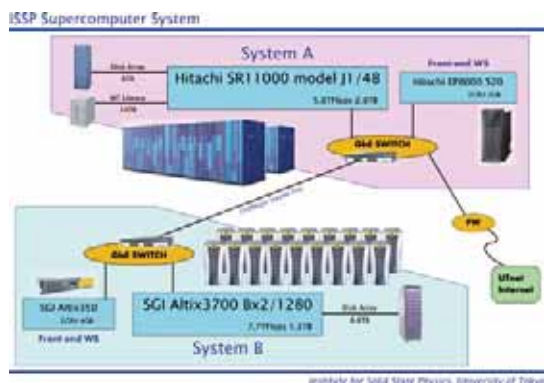
担当所員 杉野 修 Chairperson : O. SUGINO
担当所員 川島 直輝 Contact Person : N. KAWASHIMA
担当所員 高山 一 Contact Person : H. TAKAYAMA

助手 吉本 芳英 Research Associate : Y. YOSHIMOTO
助手 富田 裕介 Research Associate : Y. TOMITA
助手 鈴木 隆史 Research Associate : T. SUZUKI
助手 石田 晏穂 Research Associate : Y. ISHIDA
技術専門職員 矢田 裕行 Technical Associate : H. YATA
技術職員 福田 毅哉 Technical Associate : T. FUKUDA

1. 全国共同利用スーパーコンピュータ

電子計算機室では計算物性物理学専用のスーパーコンピュータシステムを、スーパーコンピュータ共同利用委員会の審議に基づき全国の物性研究者の共同利用に供している。現在のシステムは平成 17 年 3 月に更新されたもので、密結合により高いノード単体性能を持つ計算機 (Hitachi SR11000 model J1/48) と高い総処理能力を持つ疎結合並列計算機 (SGI Altix3700Bx2/1280) を核とした複合システムである。本室では、システムのベンダーと協議しながら高度なシステム性能を維持するとともに、全国ユーザからの相談に応ずるなどして、システムの管理運用を行っている。スーパーコンピュータの利用申請については、ホームページ (<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/center/>) を参照されたい。

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



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.

2. 所内ネットワーク関連

本室では、物性研究所 LAN、および、電子メールサーバ、ファイルサーバ、WWW サーバ (物性研ホームページ <http://www.issp.u-tokyo.ac.jp>) 他の各種サーバの管理運用を行い、大学院生を含めた所内に提供している。物性研ネットワークでは東京大学キャンパスネットワーク (UTnet) を通したインターネットへの接続のため、ファイアウォールの設置、電子メールに関するウイルスの検査と除去、ウイルス対策ソフトウェアの所内への配布などのセキュリティ対策を行っている。また、所内でのコンピュータおよびネットワーク関係の Q&A、テレビ会議システムなどの機器の管理と利用促進、本館の各フロアに設置された大型レーザープリンタの管理なども行っている。さらに、広報・出版委員会の下で、物性研ホームページ、物性研要覧、アクティビティレポートなどの電子情報の収集管理を行っている。

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



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

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

物質合成室 Materials Synthesis Section

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

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

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

主要設備

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

Main Facilities

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



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

化学分析室 Chemical Analysis Section

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

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

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

主要設備

走査電子顕微鏡 X線マイクロアナライザー、誘導結合高周波プラズマ発光分光分析装置、各種顕微鏡、電子天秤、真空蒸着装置、研磨器、電位差滴定装置、純水製造装置、凍結乾燥機

Main Facilities

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



走査電子顕微鏡 X線マイクロアナライザー
SEM-EDX/WDX



物質設計評価施設

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

X線測定室 X-ray Diffraction Section

担当所員 廣井 善二 Contact Person : Z. HIROI
助手 山浦 淳一 Research Associate : J. YAMAURA

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

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

主要設備

四軸型X線回折計、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, Warped imaging plate diffractometer, Powder X-ray diffractometer, Monochromated Laue camera, and Weissenberg cameras.



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
技術専門員 市原 正樹 Technical Associate : M. ICHIHARA

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

The Electron Microscope Section supports electron diffraction measurements, lattice image observation and microscopic analysis of various solid materials, both crystalline and non-crystalline with atomic-scale resolution, by using a high-resolution electron microscope and an electron microscope with an X-ray micro-analyzer.

主要設備

200 kV 電界放射形分析電子顕微鏡、低温・高温ホルダー、集束イオンビーム装置、薄膜試料作成のための種々の装置

Main Facilities

200 kV electron microscope with an X-ray micro-analyzer, High- and low-temperature holders, Focused ion-beam milling, and Various apparatuses for sample preparation



200 kV 電界放射形分析電子顕微鏡

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

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

電磁気測定室 Electromagnetic Measurements Section

担当所員 家 泰弘 Contact Person : Y. IYE
 担当所員 瀧川 仁 Contact Person : M. TAKIGAWA
 担当所員 廣井 善二 Contact Person : Z. HIROI
 助 手 小黒 勇 Research Associate : I. OGURO

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

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

主要設備

15 / 17 テスラ超伝導マグネット、スプリット型5 テスラ超伝導マグネット (ヘリウムフリー)、振動試料磁化測定装置 (VSM)、16 / 18 テスラ高均一超伝導マグネット (NMR)、SQUID 磁化測定装置 (MPMS)、汎用物性測定装置 (PPMS)、クロスコイル型超伝導マグネット

Main Facilities

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



磁気特性測定装置
SQUID magnetometer (MPMS)

光学測定室 Spectroscopy Laboratory

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ー光源

Main Facilities

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



光学測定機器
Spectrometers (Room A468)

国際超強磁場科学研究所

International MegaGauss Science Laboratory

当施設ではパルスマグネットを用いて強力な磁場を発生し、様々な物質(半導体、磁性体、金属、絶縁体など)の性質を変化させ、その電子状態を調べている。パルス磁場には、80 テスラ(非破壊世界最高)までの非破壊型磁場と 100 テスラ以上 600 テスラ程度(室内世界最高磁場発生)まで発生できる破壊型(一巻きコイル法、電磁濃縮法)がある。前者は精密な物性計測(電気伝導、光学、磁化測定など)を担い、他の極限物理環境(高圧、低温)と組み合わせた実験や国内外の強い磁場を必要とする物性研究などに共同利用施設として寄与している。世界最大の直流発電機(210 MJ)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進めている。後者の破壊型装置では、超強磁場という量子極限状態での新しい物性を探索する研究を行っている。

爆破保護室内に設置した「電磁濃縮法」による超強磁場発生装置。室内磁場発生装置としては世界最高 600 テスラ強の世界記録を保持している。中心に主コイル、両サイドに種磁場発生マグネットがセットされる。主コイルには 5 メガジュールの巨大コンデンサー電源から 40 キロボルト、600 万アンペアの電流が投入できる。磁場発生時間はマイクロ秒の時間であり、発生後コイルも含め周辺は破壊されるため、破壊型短パルス磁場発生装置である。磁気光学測定や磁気電気伝導測定などの物性研究に利用されている。

An ultra-high magnetic field generation system for the electro-magnetic flux compression method settled inside of the protection house for explosion. The system has generated over 600 Tesla, which is the world record as an indoor operation. A primary coil is settled at the center sandwiched by two seed coils aside. The 5 mega-joule giant condenser bank power supply injects 40 kilo-volts and 6 mega-ampere current into the primary coil. The operation is a pulse mode with duration of micro-second order. This is called a destructive pulse magnetic field generation system since the coil and surrounding materials are destroyed after a shot. This system currently serves for magneto-optical measurements and magneto-transport measurements for solid-state physics.

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 (the world record of the non-destructive magnet), and from 100 up to 600 Tesla (the world strongest as an indoor record) by destructive (the single turn coil and the electro-magnetic flux compression) methods. The former offers physical precision measurements (the electro-conductance, the optics, and the magnetization). The multiple extreme physical conditions combining high fields with ultra-low temperature and ultra-high pressure are also available, and are open for domestic and international scientists. The magnet technologies are intensively devoted to 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 nondestructive magnet. Whereas, the latter facilities (destructive ones) are oriented for developing new horizons in material science realized under such extreme quantum limit conditions.



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

教授 金道 浩一
Professor Koichi KINDO

助手
Research Associate

助手
Research Associate

技術専門職員
Technical Associate

技術職員
Technical Associate

技術職員
Technical Associate

小嶋 映二
Eiji KOJIMA

鳴海 康雄
Yasuo NARUMI

川口 孝志
Koushi KAWAGUCHI

松尾 晶
Akira MATSUO

澤部 博信
Hironobu SAWABE



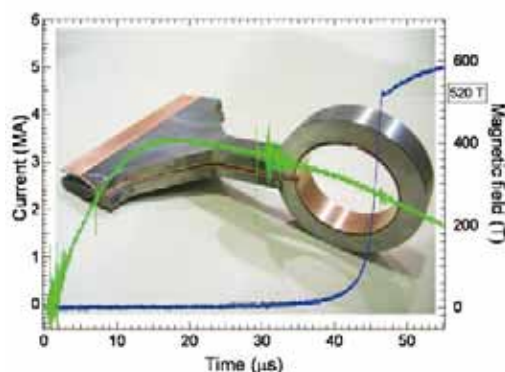
国際超強磁場科学研究施設 International MegaGauss Science Laboratory
<http://takeyama.issp.u-tokyo.ac.jp>

嶽山研究室

Takeyama Group

教授 Professor 嶽山 正二郎 Shojiro TAKEYAMA
助手 Research Associate 小嶋 映二 Eiji KOJIMA

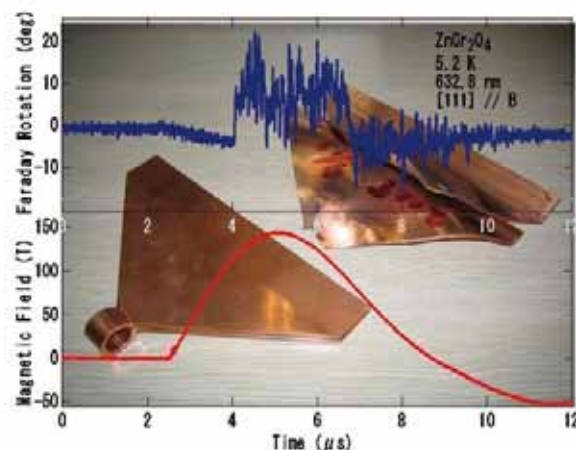
破壊型超強磁場発生法である電磁濃縮法や一巻きコイル法を用いたメガガウスパルス磁場発生開発を行っている。室内では世界最高磁場発生を実現している。また、このような量子極限環境下での物性測定手法の開発とともに、さまざまな物質の物性計測と解析を推進している。光学的観測手段を用いてメガガウス領域で発現する新しい物質相の探索など物性物理の開拓を進めている。半導体タイプII量子構造での高密度光励起超強磁場磁気光学、カーボンナノチューブを用いた超強磁場アハラノフ・ボーム効果の光学的観測、半導体/磁性体複合ナノ構造を主な研究対象として超強磁場下で実現する光・電子・スピンの絡む複合励起物性や電子相関や多体問題が支配する現象などを追求している。超強磁場下で安定化が期待されている励起子ボーズ・アインシュタイン凝縮相の発見を志向した研究や、フラストレート量子スピン系の超強磁場ファラデー回転による磁気構造の解明なども展開している。



電磁濃縮法超強磁場発生実験で開発中の新コイルの写真。新コイルを用いた3 MJエネルギー投入での520 Tの磁場発生を記録したピックアップコイルの信号とコイルに流れた電流の時間変化を示す。

The injected primary current and a pick-up coil signal showing obtained magnetic fields up to 520 T. A backdrop is a picture of a newly designed primary coil with an inner wall of a copper sheet employed for the electromagnetic flux compression techniques.

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



一巻きコイル法で発生した磁場波形と試料からのファラデー回転信号。120 T近傍でスピン 1/2 プラトーへの磁気一次相転移が観測された。測定はこの系のネール温度 12 K より低い 5 K で行った。

A waveform of the magnetic field obtained by a single-turn coil and the Faraday rotation signal through the sample. The first order transition to the spin 1/2 plateau was successfully observed at 120 T at 5 K, which was well below the Néel temperature T_N (=12 K).

研究テーマ Research Subjects

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



国際超強磁場科学研究施設 International MegaGauss Science Laboratory
<http://kindo.issp.u-tokyo.ac.jp>

金道研究室

Kindo Group

教授
Professor

金道 浩一
Koichi KINDO

助手
Research Associate

鳴海 康雄
Yasuo NARUMI

当施設に設置されたコンデンサー電源を用いて、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。

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

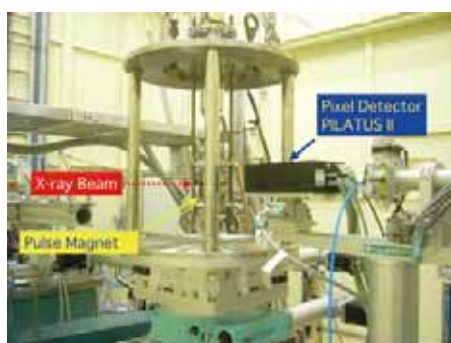
ロングパルスマグネット：パルス幅 30 ミリ秒、
最大磁場 65 テスラ

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。また、平成 18 年度より 4 カ年計画で実施中の超ロングパルス強磁場計画に向けた技術開発も行っている。この計画は、世界最大のフライホイール付き直流発電機を電源として用いることでパルス幅が 1 ~ 10 秒の磁場発生を目指すものである。

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

SPring-8 の BL19LXU に設置されたパルス強磁場中 X 線回折測定装置の写真。

A picture of the experimental set-up for X-ray diffraction measurements under pulsed high magnetic field installed in the beamline BL19LXU at SPring-8.

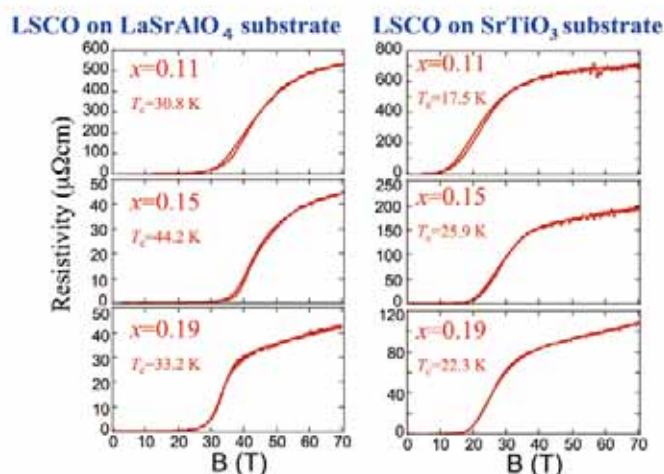


We carry out precise measurements under non-destructive pulsed high magnetic fields that are generated by capacitor banks installed at the facility. Various magnets have been developed at user's requests. Up to now, available field conditions for users are as follows.

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. A four-year project has been started from 2006 to generate long pulsed field with the duration of 1-10 seconds by use of the largest DC generator equipped with flywheels.

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



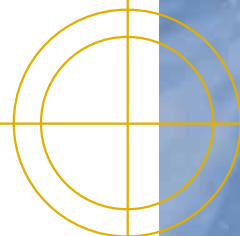
70 T マグネットによる磁気抵抗測定の例。
An example of magneto-resistance by use of a 70 T magnet.

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

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 staffs are working under supervision of corresponding committee.

低温委員長
Chairperson
Cryogenics service

榊原 俊郎
Toshiro SAKAKIBARA

技術職員
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

末元 徹
Tohru SUEMOTO

技術専門職員
Technical Associate

岡部 清信
Kiyonobu OKABE

技術職員
Technical Associate

山崎 淳
Jun YAMAZAKI

研究支援推進員
Technical Sta

今井 忠雄
Tadao IMAI

研究支援推進員
Technical Sta

榎本 泰道
Yasumichi ENOMOTO

研究支援推進員
Technical Sta

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 Sta

渡邊 留美
Rumi WATANABE

一般職員
Administrative Sta

曽我 典子
Noriko SOGA

管理委員長(ストックルーム)
Chairperson
Stock room

廣井 善二
Zenji HIROI

事務補佐員
Administrative Sta

四十住 英子
Hideko AIZUMI

国際交流委員長
Chairperson
International liaison office

高橋 實
Minoru TAKAHASHI

事務補佐員
Administrative Sta

亀田 秋子
Akiko KAMEDA

広報出版委員長
Chairperson
Publication and advertisement

勝本 信吾
Shingo KATSUMOTO

技術補佐員
Technical Sta

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。2005年度の液体ヘリウムの生産量と供給量はそれぞれ312,000L、228,000Lである。液体窒素は外部より購入し、供給している。2005年度の液体窒素の使用量は666,000L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 2005 fiscal year, 312,000L of liquid helium was produced as a total and 228,000L was supplied to the users. Liquid helium is transferred from the 6,000L storage vessel to various small storages with the centrifugal immersion pump system. Liquid nitrogen is purchased from outside manufacturers. The supplied liquid nitrogen was 666,000L in the same year.

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



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

工作室 Model Shop

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

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

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

主要設備

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

Main Facilities

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



NC 旋盤による作業
Numerically Controlled Lathe

放射線管理室 Radiation Safety Laboratory

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

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

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

主要設備

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

Main Facilities

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



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

図書室 Library

図書委員長 金道 浩一 Chairperson : K. KINDO
 係長 渡邊 留美 Administrative Sta : R. WATANABE
 一般職員 曾我 典子 Administrative Sta : 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 : 59,561 冊（平成 17 年度末現在）
 （洋書 54,679 冊、和書 4,882 冊、製本雑誌を含む）
 雑誌種類数 : 715 種（洋雑誌 621 種、和雑誌 94 種）
 開室時間 : 平日 9:30-17:00（時間外利用 6:00-24:00）
 座席数 : 24 席（内 8 席は LAN ケーブル、電源コンセント設置）
 検索用端末 : 4 台
 複写機 : 3 台
 運営 : 図書委員会
 職員数 : 3 人（非常勤職員含む）
<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/labs/tosyo/>



図書室
Library

ストックルーム Stock Room

管理委員長 廣井 善二 Chairperson: Z. HIROI
事務補佐員 四十住 英子 Administrative Sta : H. AIZUMI

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

在庫品目と価格はウェブページで参照できる。

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

The list of the items and prices is shown on the webpage of ISSP.



ストックルーム
Stock Room

国際交流室 International Liaison Office

国際交流委員長 高橋 實 Chairperson: M. TAKAHASHI
事務補佐員 亀田 秋子 Administrative Sta : A. KAMEDA

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

「国際交流」

外国人訪問者の支援

（住居・学内外・諸事務手続き、日常生活等）

研究プロジェクトの申請・実施に関する事務

「国内交流」

客員所員の支援（事務手続き・住居の準備）

リレーションの企画・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



柏の葉 上空 3000 メートルより
Kashiwanoha area: Taken at an altitude of 3000 meters

柏キャンパス地図 / Kashiwa Campus Map

東京大学物性研究所
ISSP

- A 本館
Main Building
- B 低温・多重極限実験棟
Cryogenic/Multiple Extreme Conditions Laboratory
- C 極限環境実験棟
Ultrahigh Magnetic Field Laboratory
- D 先端分光実験棟
Advanced Spectroscopy Laboratory
- E 軌道放射実験棟 (SOR 実験棟)
Synchrotron Radiation Laboratory

東京大学宇宙線研究所
Institute for Cosmic Ray Research

- F 宇宙線研究所
Institute for Cosmic Ray Research

東京大学新領域創成科学研究科
Graduate School of Frontier Science

- G 基盤科学研究棟
Transdisciplinary Sciences
- H 基盤科学研究実験棟
Transdisciplinary Sciences (Experimental Building)
- I 生命科学研究棟
Integrated Biosciences
- J 環境学研究棟
Environmental Studies
- K 細胞シミュレーション棟
Computational Biology

共用施設
Supporting Facilities

- L 柏総合研究棟
General Research Building
- M 環境安全研究センター柏支所
Environmental Science Center, Kashiwa Branch
- N 柏図書館
Kashiwa Library
- O 福利・厚生棟
Cafeteria and Shop
- P 共同利用研究員宿泊施設
Guest House



東京大学物性研究所

The Institute for Solid State Physics,
The University of Tokyo

〒 277-8581 千葉県柏市柏の葉 5-1-5
5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba 277-8581
TEL: (04) 7136-3207
<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp>

交通案内

つくばエクスプレス 柏の葉キャンパス駅西口から
徒歩の場合 約25分
タクシー利用の場合 約5分
バス利用の場合、東武バス「柏の葉公園循環」または
「江戸川台駅東口行き」で約10分「東大前」下車 徒歩約1分

JR常磐線柏駅西口から

バス利用で、東武バス「国立がんセンター行き」で約25分
柏の葉公園経由の場合「東大前」下車 徒歩約1分
税関研修所経由の場合「国立がんセンター」下車 徒歩約4分

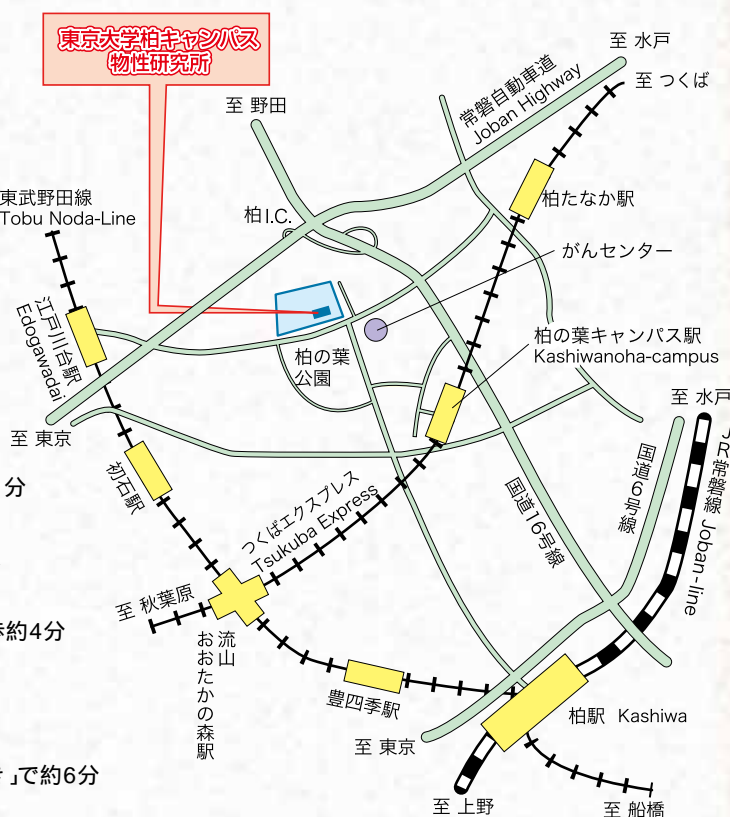
東武野田線江戸川台駅東口から

徒歩の場合 約35分
タクシー利用の場合 約5分
バス利用の場合、東武バス「柏の葉キャンパス駅西口行き」で約6分
「東大前」下車 徒歩約1分

羽田空港から

高速バス利用で、「柏駅西口行き」約75分「国立がんセンター」下車 徒歩約4分

常磐自動車道柏I.C.から車で約5分



附属軌道放射物性研究施設つくば分室

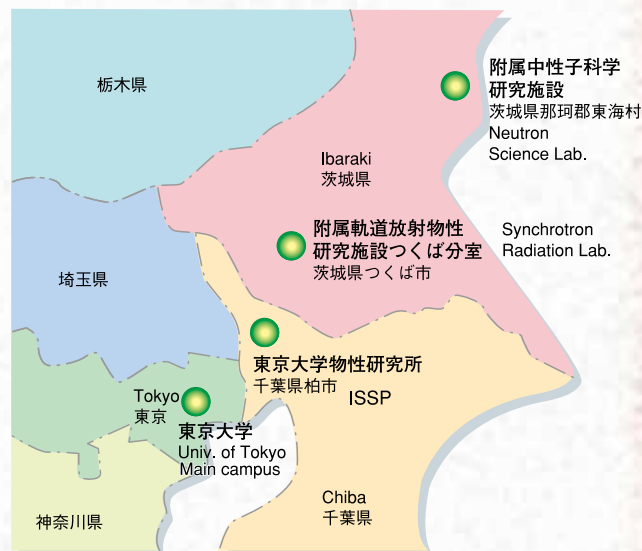
(高エネルギー加速器研究機構内)
Tsukuba Branch of Synchrotron
Radiation Laboratory

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

附属中性子科学研究施設

Neutron Science Laboratory

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



東京大学物性研究所要覧 2006年10月

表紙・裏表紙・見返し写真提供：市原正樹、吉本芳英、Marat Gaifullin



I S S P

