

外部評価報告書

Report of the External Review



東京大学物性研究所

The Institute for Solid State Physics
The University of Tokyo

2016

序 文

物性研究所は 1957 年に東京大学附置の全国共同利用研究所として設立されました。以来、時代とともに変遷する物性科学における先端拠点としての機能を果たすべく、1980 年、1996 年の 2 度にわたる大規模な組織改編と 2000 年の移転を経て、現在に至っています。その間、研究所の研究活動を総括し、また将来の方向を検討するために、1995 年以降ほぼ 10 年おきに国際外部評価を行ってきました。1995 年の第 1 回では、都心の六本木キャンパスから新しい柏キャンパスへの移転を視野に入れた将来計画の検討が行われ、2005 年の第 2 回においては、柏移転後の研究活動の評価と、前年に行われた国立大学法人化への対応が主な課題となりました。ここに、2016 年 1 月に行われた第 3 回の国際外部評価報告書をお届けします。

第 2 回の外部評価以後、2010 年に開始された共同利用・共同研究拠点の制度によって、各々独自の特色を志向する国立大学法人の中にありながら、附置研究所が大学の枠を超えた研究者コミュニティの中核拠点として活動できる基盤が整ったと言えます。しかし同時に、近年の日本の厳しい財政事情のために基盤的研究費の削減が続き、最先端の研究環境を維持することが困難となっています。また一方で、附置研究所を含む大学での研究成果を人類社会が抱える課題の解決に還元することが、以前にもまして求められています。

物性研究所の研究組織は現在、新しい物質やナノ構造が示す新規物性を実験的・理論的に解明する 4 つの研究部門と、そのための中・大型研究設備を開発し、それらを用いた共同研究を推進する 5 つの研究施設・センターより成っています。今回の外部評価に際してわれわれは、最新の研究成果や各部門・施設・センターの将来計画に加えて、これらの組織を横断する形で新分野の開拓を目指す二つの研究グループの創設を提案しました。評価委員会では、事前資料の詳細な検討の上に 3 日間にわたる会議を通じて、物性研の研究成果と将来計画について徹底した議論が行われ、多くの有益なコメントをいただくことができました。評価委員会の全メンバーが示した特別な熱意と努力に、深く敬意と謝意を表する次第です。

ここに公開する報告書は、今後の物性研究所のあるべき姿を議論する際の出発点となるものです。物性研究所に関心を寄せられる皆様のご意見、ご感想をいただけることを願っております。

2016 年 5 月

東京大学物性研究所所長
瀧川 仁

目 次 / Contents

I. 評価委員 / Evaluation Committee	1
II. 現地調査プログラム / On Site Program	3
III. 外部評価報告書（原文の和訳） / Report of the External Review (Japanese version)	5
1. 総括	6
物性研究所の現状および将来展望	6
組織横断的連携および重点グループ	6
国際的展望および人材獲得	8
ジェンダーの多様性	9
追加提言	9
2. 研究部門・附属施設	9
新物質科学研究部門および極限環境物性研究部門	9
理論および数値計算	10
ナノスケール物性研究部門	13
物質設計評価施設	15
中性子科学研究施設	16
国際超強磁場科学研究施設	17
極限コヒーレント光科学研究施設	18
IV. 外部評価報告書（原文） / Report of the External Review (Original)	23
V. 外部評価実施体制 / Organization	45

I. 評価委員 / Evaluation Committee

トーマス ディートル / Tomasz DIETL

ポーランド科学アカデミー教授 / Professor, Polish Academy of Science

東北大学教授 / Professor, Tohoku University



加藤義章 / Yoshiaki KATO

光産業創成大学院大学学長 / President, The Graduate School for the

Creation of New Photonics Industries



川合眞紀 / Maki KAWAI

東京大学教授 / Professor, The University of Tokyo



**ベルンハルト カイマー (委員長) / Bernhard KEIMER
(Chairman)**

マックスプランク固体物理学研究所教授 / Professor, Max-Planck
Institute for Solid State Research



ムルガパン ムスクマール / Murugappan MUTHUKUMAR

マサチューセッツ大学アマースト校教授 / Professor, University of
Massachusetts



高木英典 / Hidenori TAKAGI

マックスプランク固体物理学研究所教授 / Professor, Max-Planck
Institute for Solid State Research

東京大学教授 / Professor, The University of Tokyo



デビッド ヴァンデルビルト / David VANDERBILT

ラトガース大学教授 / Professor, Rutgers University



ヨアヒム ウォズニツァ / Joachim WOSNITZA

ヘルムホルツセンター (ドレスデン・ローゼンドルフ) ドレスデン
強磁場研究所所長 / Director, Dresden High Magnetic Field Laboratory,
Helmholtz-Zentrum (Dresden-Rossendorf)



II. 現地調査プログラム / On-Site Program

Date : January 20-22, 2016

Venue : Lecture & Meeting Rooms at 6F, ISSP

Wednesday (20th)

9:00-9:20		Meeting (Meeting Room 2)
9:20-9:50	M. Takigawa	Opening and Overview (Lecture Room)
9:50-10:20	Q&A	
10:20-10:40		Break
	Chair H. Tsunetsugu	
10:40-11:00	H. Mori	Novel Functionalities in Proton- π -Electron Coupled Molecular Conductors
11:00-11:20	S. Nakatsuji	Novel Topological Phases in Correlated Electron Systems
11:20-11:40	T. Sakakibara	Identification of the Pairing Symmetry of Heavy-Fermion Superconductors by Heat-Capacity Measurements in a Rotating Magnetic Field
11:40-12:00	Y. Uwatoko	Pressure-Induced Superconductor on the 3d Magnetic System CrAs and MnP
12:00-13:20		Lunch (A613 Seminar Room)
13:20-14:10		Lab Tour (LASOR)
	Chair F. Komori	
14:10-15:00	S. Shin, J. Itatani, H. Akivama	Activity and Future Plan of LASOR Center
15:00-15:20		Break
15:20-16:10	Z. Hiroi	Materials Design and Characterization Laboratory: Activities and Research
16:10-17:30	N. Kawashima	Computer-Related In-House Organizations --- MDCL and CCMS --- Committee Meeting (Meeting Room 2)
17:30-20:00		Poster

Thursday (21th)

	Chair J. Yoshinobu	
9:00-9:20	T. Ozaki	Development of Large-Scale Electronic Structure Methods and its Applications
9:20-9:40	H. Noguchi	Structure and Dynamics of Biomembranes
9:40-10:00	O. Sugino	Functional Condensed Matter Research from First-Principles
10:00-10:20	M. Oshikawa	Symmetry-Protected Topological Phases in One Dimension
10:20-10:40		Break
10:40-11:00	Y. Otani	Spin Current Related Phenomena in Metallic Nano-Structures
11:00-11:20	M. Lippmaa	Nanoscale Oxide Thin Films and Heterostructures
11:20-11:40	S. Katsumoto	Spin Transport in Quantum Structures
11:40-12:00	F. Komori	Electron Dynamics at the Surface of an Intrinsic Topological Insulator
12:00-13:20		Lunch Meeting with Young Researchers (1) (A613 Seminar Room)

13:20-14:10

Lab Tour (IMGSL)

Chair T. Sakakibara

14:10-14:40	K. Kindo	Past, Present and Future of IMGSL
14:40-15:10	Y. Matsuda	The 1000 T Project with 5 MJ Electromagnetic Flux Compression System
15:10-15:30	M. Tokunaga	Quest for the Excitonic Phase in High Magnetic Fields
15:30-15:50		Break
15:50-16:30	M. Shibayama	Neutron Science Laboratory (NSL), ISSP, U. Tokyo
16:30-16:50	M. Takigawa	ISSP Future Plan
16:50-17:10	Q&A	
17:10-18:30		Committee Meeting (Meeting Room 2)

Friday (22th)

Chair O. Yamamuro

9:00-9:20	Y. Harada	In situ / Operando Ultrahigh Resolution Resonant Inelastic Soft X-ray Scattering
9:20-9:40	K. Kondo	Point Nodes Persisting Far Beyond T_c in the High- T_c Cuprates Revealed by Laser-ARPES
9:40-10:00	Y. Kobayashi	Leading-Edge Laser Development and its Applications
10:00-10:20		Break
10:20-10:40	T. Masuda	Inelastic Neutron Scattering Research using High Resolution Chopper Spectrometer in LPARC
10:40-11:00	M. Shibayama	Physics of Soft Matter @ Shibayama Lab., ISSP
11:00-12:00		Committee Meeting (Meeting Room 2)
12:00-13:20		Lunch Meeting with Young Researchers (2) (A613 Seminar Room)
13:20-16:00		Committee Meeting (Meeting Room 2)
16:00-17:00		Committee-ISSP Joint Meeting (Meeting Room 2)
17:00-18:30		Party (Cafeteria)

東京大学 物性研究所
外部評価報告書

2016年1月

1. 総括

物性研究所の現状および将来展望

物性研究所は、物性科学の基礎研究を世界的にリードする数少ない研究機関の一つである。物性研究所はこの10年間、特にLASORセンターをはじめとする大変素晴らしい研究施設を発足させてきた。同時に、これらの独自の施設において非常に生産性の高い共同利用プログラムを運用してきた。物性研究所の重要性や影響力は、数多くの傑出した論文のみならず、物性研究所において助教としてキャリアをスタートし、現在所外の学術機関において指導的地位に就いている多数の研究者によっても示されている。

物性研究は様々な方向に向けて急速に進化し続けており、将来の展望は明るい。物性研究所は引き続きこの分野での主導的立場を維持できる格好の状況にある。物性研究所の強相関電子系の研究は近年強力な成長を遂げ、国際的にも高い存在感を示している。物性研究所の研究者は、他にも様々な研究方向を探求している。その研究は概ね非常にハイレベルであるが、全てが同じレベルの存在感を示しているというわけではない。所内の結束を強め物性研究所の研究が国際的にさらに存在感を示せるよう、物性研究所は組織横断的研究グループの設置案を盛り込んだ戦略的計画を策定した。外部評価委員会はこの計画を強く支持する。以下に詳細な分析を記す。

組織横断的連携および重点グループ

2004年に東京大学が国立大学法人となり、2011年に物性研究所が共同利用・共同研究拠点として文科省の認可を受けた後、物性研究所の使命と学術文化にとって大型研究施設が一段と重要性を増してきている。柏キャンパスでは、極限コーヒレント光科学研究(LASOR)センターが独自のレーザー設備や分光設備を有し、国際超強磁場科学研究施設(IMGSL)が世界記録的な強度の磁場を提供し、物質設評価施設(MDCL)のスーパーコンピューターセンターは計算資源を提供している。さらに中性子科学研究施設(NSL)は、JRR-3研究用原子炉やJ-PARCスパレーション中性子源において中性子散乱実験装置を稼働させており、LASORセンターの軌道放射物性研究施設ではSPring-8シンクロトロンにおいて軟X線ビームラインを稼働させている。また、計算物質科学研究センター(CCMS)では遠隔地のスーパーコンピューター資源の利用を支援している。これらの各施設は物性研究所内の研究に利用されているだけでなく、相当数の外部研究者にも利用されている。

こうした状況の変化や、その結果として外部との共同利用・共同研究への取り組みが強化されたこと等の帰結として、近年、物性研究所内で異なる分野間の科学的連携が希薄になっている。特に、理論研究者と実験研究者との共同プロジェクトや共著論文は、こうした協力が物性研究において重要性を増しているにも関わらず、かなり稀であるように見受けられる。この傾向に歯止めをかけ、所内での学際的連携を促進するため、研究所の戦略的計画の中には2つの組織横断的研究グループの新設が盛り込まれている。

「量子物質」研究グループは強相関電子系におけるトポロジカル量子相を主な対象とする。最近その範例となる有望な物質が中辻所員とその共同研究者によって発見

された。それ故、中辻所員が当グループのコアメンバーとなっていることは適切である。他には、固体のトポロジカル現象に関する理論研究で堅固な実績を有する押川所員がコアメンバーとして参画する。また、LASOR、IMGSL、NSL、MDCLをはじめとする他の部門・施設からも、相補的な専門技術が得られるであろう。また当グループの競争力を強化する上で、今回提案されている MDCL の設備更新は重要である。急速に進化するこの分野において当グループが世界をリードする潜在的能力を有していることは間違いない。

「機能物性」研究グループの目的は、社会的ニーズが高い分野において重要な機能特性を有する物質を対象とした基礎研究を行うことである。このグループでは、重点的な研究テーマに対する共通の関心と相補的な専門技術を有する物性研究所の研究者数名がコアメンバーとなる。これらの研究テーマは、学術的に手応えがあると同時に、応用面でも重要である。物性研究所の指導的研究者を中心に形成される「量子物質」研究グループでは、協奏的な連携による大きなメリットが既に享受されている。「機能物性」研究グループにおいても、「量子物質」研究グループで期待されるような結束の枠組みを踏襲できると思われる。「機能物性」に関係する現在の物性研究所の研究者の顔ぶれから数多くの研究テーマを想定することができるが、グループの立ち上げに当たっては、実質的な連携と様々な相補的スキルが既に存在する 2、3 の課題に絞るのがおそらく賢明であろう。界面における化学反応やハイドロゲルは、このようなシナジーのあるテーマの例である。界面化学反応に特化した領域（例えば、燃料電池の電極、触媒活性表面、タンパク質分子と水の境界）では、化学（森所員）、分光実験（秋山所員、吉信所員）、理論（杉野所員）等の所内の優れた専門知識を基盤とする分野横断的研究グループを形成できると思われる。

もう一つのハイドロゲルの分野には（柴山所員が物性研究所の中心であり、野口所員、秋山所員との連携が可能である）、医療産業での高い潜在的可能性を有する様々な機能特性を活用できる機会が大いにある。これらのハイドロゲルは基本的に水性で、物性研究所で開発された実験ツールに理想的に適合する。特に現在、LASOR 内には新たな軟 X 線設備が整備されており、物性研究所が界面化学反応およびハイドロゲルの双方において画期的な発見を行える絶好のチャンスである。そのためには「機能物性」グループの強力な連携相手となり得る、大局的な時空間スケールでの現象を専門とする理論家を発掘する必要がある。

外部評価委員会は、これらの学際的グループの設置を強く支持する。近い将来に予定されている何名かの所員の定年退職は、これらのグループがカバーする重要な分野における物性研究所の専門性を強化し、所内での研究交流や結束を高める機会として利用できる。この計画を実行するにあたり、我々は物性研究所が以下の点を検討するよう要請する。

提言

- 新規所員の採用においては、（研究部門の所属ではなく）これらの部門横断型グループが実施する研究プログラムを最優先で考慮するよう、提言する。例えば、グループの実験研究者との実りある研究協力の行える理論研究者や、

LASOR の設備の効果的な利用が可能なソフトマター実験研究者等、物性研究所内に新たな架け橋を構築できるような研究者を重視すべきである。

- 緊密な連携の核を創成するため、これらのグループに追加資源を配分すべきである。1つの方法として所長裁量経費の充当や複数名の所員が指導する「所長裁量ポスドク」の設置も考えられよう。我々は、運営費交付金の削減および電気料金の上昇に伴う予算状況の厳しさを認識しているが、物性研究所が投入した資源が、中期的な財政改善につながり得る外部資金獲得の種となる可能性も大いにあることを指摘しておく。こうした展望は「機能物性」研究グループについて特に有望である。
- 物性研究所の主たる使命は基礎研究にあるため、応用研究を志向する場合には、応用研究に特化した研究機関や企業などの所外グループとの緊密な連携を模索すべきである。応用研究機関と物性研究所との緊密な連携によって、非常に高い存在感を示すことができるであろうし、外部資金獲得の面でも非常に優れた展望が開かれるであろう。
- 運営組織の透明性を維持するため、各グループメンバーは物性研究所内の1つの部門または施設に所属すべきである。
- 部門横断的グループとは別に、若手研究者の交流・連携を促進させるような組織的な対策を行うのがよいと思われる。現状では、大半が一つの建物内ですべての時間を過ごし、他の研究室のメンバーと接する機会がない。例えば、物性研究所全体を対象にしたインフォーマルな集会を毎週開催する等が考えられる。

国際的展望および人材獲得

物性研究所は海外からの優秀なポスドクの獲得に成功しており、彼らは物性研究所のコミュニティーに良く溶け込んでいるように見受けられる。しかしながら、外国人の助教・所員の数は非常に少なく、これらのポジションで一流の外国人の人材を採用する点については、この10年間あまり進展がみられていない。

現在、物性研究所の共同利用は国内の利用者のみに開放されているようである。物性研究所公式ホームページ (http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/joint_en.html) には「国内」向けの共同利用の募集はあるが、「海外」向けの共同利用の募集に関する記載はない。

提言

- 特に今後の所員の退職を視野に入れ、物性研究所が海外の一流の候補者の発掘に向け精力的に努力するよう、我々は提言する。国際的に競争力のある給与水準と退職給付を提供するには運営上難しい問題がある可能性を外部評価委員会は認識しているが、非常に注目度の高い成功事例を前例として作るとは十分に努力する価値があるであろう。
- 現在、物性研究所では多くのセミナーが日本語で行われている。講演者に英語でのプレゼンテーションを奨励することは、物性研究所の外国人メンバーにとって有益であろう。

ジェンダーの多様性

女性の所員・助教の割合が非常に低いことは深刻な懸念材料である。一流の女性候補者の獲得は過去 10 年間ほとんど進展していない。

提言

- 現在、日本の女性物性研究者の数は非常に限られている。女性の割合がより高い海外（中国を含む）から人材をヘッドハントすることも、物性研究所が優れた女性科学者を引き付けるのに役立つ可能性がある。物性研究所は周りの研究機関と協力し、配偶者雇用の支援を提供する体制を整えるべきである。
- 女性助教の採用に対する財政的な支援は、助教レベルでの男女格差の解消を推進する有効な手段となり得る。このような支援は、所長裁量経費から競争的なプロセスに基づいて提供することも可能であろう。
- 若い女性科学者の人材層を厚くするため、物性研究所は女子学生に特に配慮した高校生や学部生向けのアウトリーチ活動を強化してもよいであろう。

追加提言

- 外部評価委員会は、周辺機関との潜在的シナジーをより広範囲に、より効果的に追求・発展させるよう提言する。当該周辺機関には、特に理研に新設された創発物性科学研究センター（CSMS）、東京大学新領域創成科学研究科物質系、国立研究開発法人物質・材料研究機構（NIMS）、国立研究開発法人産業技術総合研究所（AIST）、等が含まれる。
- 科学の発展や科学政策の展開が急速なペースで進んでいることを踏まえ、外部評価委員会は評価サイクルを 6 年毎へと変更することを提言する。

2. 研究部門・付属施設

新物質科学研究部門(DNMS) および極限環境物性研究部門(DPEC)

新物質科学研究部門と極限環境物性研究部門は、新設の「凝縮系科学研究部門」に統合される予定である。現在、新物質科学研究部門は、瀧川所員、榊原所員、森所員、中辻所員で構成されている。田島所員および大串所員は他大学へ教授として転出した。極限環境物性研究部門は、上床所員、長田所員、山下所員によって構成されている。この 2 部門に属する各研究室は新規な物質や電子相の探求に取り組んでいる。その意味で、長田研究室と山下研究室がこの新設部門に統合されることは自然である。上床研究室は、物質設計評価施設に加わる予定である。

上記 2 部門に属する 7 つの研究室は、電子間の強い相互作用やエネルギーバンド構造の非自明なトポロジーが生み出すエキゾチックな電子相について、新物質に重点をおいた研究を行っている。この 2 部門のメンバーは物質設計評価施設の廣井研究室とともに、物質や量子相に関する多くの重要な発見を行い、新物質・量子相に関

する世界有数のショーケースを物性研究所にもたらした。このように卓越した研究シーズがあることは、物性研究所の強みの一つである。

中辻所員は、金属スピン液体におけるゼロ磁場でのホール効果やノンコリニア型
の金属反強磁性体における室温での巨大な異常ホール効果、スピン・軌道液体状態、
軌道秩序の量子臨界点における超伝導の発見を含む、強相関トポロジカル物質に関
する傑出した研究成果を出し続けている。森所員は、電子とプロトンとが協奏した
極めて興味深い分子性伝導体を開発し、高伝導性を示す金属状態および新奇の量子
スピン液体を創成した。榊原所員は、ゼロ磁場でのホール効果の中辻所員とともに
発見し、また、 $S=1/2$ ハイゼンベルク鎖における磁場誘起による量子臨界点を発見
した。瀧川所員は NMR を用い、例えば二次元スピン・ダイマー系や廣井所員が発見
した歪んだカゴメ格子を持つ物質でのエキゾチックな磁場誘起磁化プラトー状態
等、非常に興味深い物性の発見を続けている。山下所員は物性研究所赴任前に、有
機三角格子磁性体においてスピNFL面を示す根拠とされる温度に線型な高熱
伝導率を発見しており、スピン液体の新奇熱輸送現象を引き続き探求している。長
田所員は有機ディラック系における $v=0$ の量子ホール強磁性状態を発見した。上床
所員は高圧発生装置の高度化に成功し、CrAs や MnP における超伝導をはじめとす
る新たな超伝導体や量子臨界点を発見した。

提言

- 新たな物質・電子相の発見を続けていくことは、物性科学における世界屈指
の研究所である物性研究所にとって極めて重要である。過去5年間に、新物
質の研究を行っていた所員4名（八木所員、田島所員、大串所員（特任）、
上田所員（物質設計評価施設））が退職・転出し、5年後には瀧川所員、榊
原所員が退職する予定である。彼らがいなくなることは大きな損失である一
方、物性研究所における新物質研究を強化する絶好の機会でもある。後任と
して新物質・電子相を研究している優秀な所員を採用することを、新設の量
子物質研究グループや機能物性研究グループとも密接に関連させて検討すべ
きである。所員人事の長期的な戦略は、物性科学の新たな方向性を参照しつ
つ、全てのポストを同時に見渡しながらか検討されるべきである。新規所員の
研究テーマや研究手法の多様性が適切なレベルで確保できるよう、慎重に配
慮すべきである。
- 新設の凝縮系科学研究部門内の物質開発グループが、大型施設を十分に活用
するよう奨励する。当グループの研究者はこれらの施設の最も身近な利用者
として、施設の今後の展開について特に有益な提案をすることができると思
われる。

理論および数値計算

理論および数値計算による研究は、物性研究所内で少なくとも3つの異なる組織、
すなわち、物性理論研究部門（DCMT）、物質設計評価施設の物質設計部（MD-D）、
計算物質科学研究センター（CCMS）において行われている。研究施設やセンター

内で特別な責務を担っている所員もいるが、これらの組織の問題点は類似しており、ここで纏めて議論するのが適当である。それぞれの組織に対する個別の提言は該当するパラグラフ内に記載し、全体に共通する提言は本セクションの末尾にまとめている。

物性理論研究部門 (DCMT)

物性理論研究部門 (DCMT) は物性研究所の中心部門の一つであり、物性理論、特に強相関物質や、最近ではトポロジカル物質等の固体物性の基礎分野において、長年にわたり多大な貢献をしている。当部門の研究者は、MDCL や CCMS の理論研究者とともに、新しい理論的手法の開発、新物質に対する洞察力に富んだ物性の解析、強力な計算機を用いた効率的な数値計算手法の開発において大きな成功を収めてきた。

しかしながら DCMT では、中心メンバー2名 (上田(和)所員および甲元所員) が最近退職し、間もなく3人目 (高田所員) も退職するため、所員数が7名から4名に減少する。DCMT の将来計画には、今後この分野での1名以上の採用に配慮するよう求めており、これは適切なことである。我々は、このような追加人員の採用によって当グループを強化するという考えを大いに支持するが、主たる所属が DCMT 内となるのか新設の量子物質研究グループとなるのか検討の余地がある。

今後活動を続ける DCMT 所員のうち、杉野所員は、例えば燃料電池反応などにおける電極ダイナミクスや電気触媒作用の第一原理的理解において傑出した貢献を果たしており、この研究は世界的最先端を行くものである。同所員による GW + Bethe-Salpeter 法の高度な計算方法の開発もまた貴重な貢献である。押川所員による「対称性によって保護されたトポロジカル相」の分野の発展に対する貢献も、傑出した成果である。押川所員および常次所員は、強相関物質系の理論への貢献において非常に強力な実績を有しており、常次所員の金属絶縁体転移の理論に関する貢献は特に顕著である。加藤研究室では、ナノスケール素子の量子ダイナミクスおよび量子輸送に関し、非常に価値のある研究を行っている。

理論グループは物性研究所内の実験グループとの緊密な連携を推進することが奨励される。また量子物質研究グループおよび機能物性研究グループの発足がこの連携の一助となることを望む。杉野所員と秋山所員との実りある連携は、ハードマター物理とソフトマター物理との効果的な融合によって量子物質と機能性物質との境界領域が大幅に進展することを具体的に示す事例となっている。理論グループの専門分野はこれまでハードマターに集中していたが、機能物性研究グループの設立により、空間的・時間的に大きなスケールの現象の扱いが必要な系に対して理論・計算面で貢献する絶好の機会が開かれる。DCMT では、燃料電池内にあるような溶液界面、生体界面における化学反応、ソフトマター系の電子/イオン伝導性、などに対してブレークスルーとなる貢献ができる体勢が十分に整っている。DCMT で培われてきた量子レベルの知識と、ポリマー、複雑液体、階層構造を持つ生体的/人工的集合体、などのソフトマター系に対する統計力学的アプローチを組み合わせることにより、物性研究所が世界に比類のない独自の地位を確立できるようになると期待され

る。さらに、こうした戦略的地位は、外部研究資金の物性研究所への流入を大幅に加速することが期待される。

量子物質の領域では、現メンバーに相補的な新所員の専門分野として、第一原理計算に基づく動的平均場理論や量子スピン・ダイナミクス、スピン輸送現象等が考えられる。機能物性の領域では、統計物理学の専門家を加えることも有用かと思われる。

物質設計評価施設物質設計部 (MDCL 内 MD-D)

物質設計評価施設 (MDCL) 内の物質設計部 (MD-D) は、所内のスーパーコンピュータ設備 (SCC-ISSP) およびスパコン共同利用の管理運用センターとしての役割を担っている。この施設は所内および所外の利用者の理論研究活動の強力な基盤であり貴重な研究資源である。MD-D には所員 2 名が所属している。川島所員が行っている強相関格子モデルの解明に向けた高度な計算手法の開発・応用 (量子モンテカルロ法、DMRG 法、最近のテンソルネットワーク法など) は高い水準を示しており、DCMT などにおける他の量子物質に対する理論研究との重なりも大きい。野口所員の研究プログラムは、非平衡流の下での生体膜の動力学モデル等を含んでいる。その研究自体は卓越しているが、同所員の物性研究所内での連携は柴山研究室とのポリマーゲルの力学特性に関する研究に限られている。野口所員の研究が、シンクロトロン放射光を用いた実験技術が重要な役割を果たすことが期待されるポリマー、複雑液体、物理生物学など、ソフトマターのより多くの課題に拡大される機会は大いにある。

計算物質科学研究センター (CCMS)

計算物質科学研究センター (CCMS) は、大型スーパーコンピュータ施設の物質科学研究への利用推進を目的として 2011 年に設立された。委託研究に基づく研究資金のみによって運営されており、高性能スーパーコンピュータを駆使した活動に対して重要な外部支援を提供している。CCMS は特にアルゴリズムの開発、コード最適化、利用者への研修 (例：直接体験型ワークショップ) 等の形で、MDCL 内で運営しているスーパーコンピュータセンターを支援している。具体例としては、OpenMX DFT パッケージの保守および開発、特に大規模 DFT シミュレーション用の高度なリニアスケールリングの実装等が挙げられる。CCMS には、特任教授 2 名が所属しており、彼らは自身の研究に加え、上記の点 (利用者の申請に応じたスパコンの利用時間配分の管理を含む) に関し特別な責務を負っている。尾崎特任教授は上記のリニアスケールリング・アルゴリズム手法の開発によって貴重な貢献を果たしており、これはナノサイエンスやエネルギー関連物質に応用されている。赤井特任教授による永久磁石の研究のための計算理論とアルゴリズム開発も注目に値する。CCMS には常行所員 (熱伝導の計算理論) や藤堂所員 (強相関係のテンソルネットワークおよび QMC) 等、他部局に本務を有する所員数名が兼任で在籍しており、計算物質科学イニシアティブ (CMSI) を通じ、計算物質科学における複数研究機関間でのより広範な連携活動におけるパイプ役を担っている。CCMS は外部のプロジェクト資金によって運営されているため、その長期的な展望はそれらのプロジェクトと密接に連動している。特に CCMS は、2020 年に完成が予定されている京コンピュータのアップグレード版である新世代エクサスケールコンピュータを日本の計算物質科学コミュニ

ニティーが活用できるように準備を整える上で、大きな役割を果たすことが期待されている。したがってこうした将来の動向に関して、外部評価委員会として具体的な提言を行うことが有益とは言えないであろう。

全般に関する提言

- **物性研究所内における理論と実験の連携**：我々は、DCMT、MD-D、CCMSに属する各メンバーが、物性研究所内での理論と実験との連携拡大の機会を模索するよう強く推奨する。物性研究所執行部は、こうした連携を促進するようなインセンティブを導入できないかどうか検討すべきである。例えば、理論-実験の相互連携を対象とすることを明示した「所長裁量ポスト」を若干名設置することもよいと思われる。当該案が現実的なものかは別として、物性研究所は本案あるいは同様のインセンティブの設置によって、こうした連携が促進されるかを検討すべきである。
- **マテリアルズ・インフォマティクス**：欧米で発展している計算物質理論の傾向を一言で表すならば「マテリアルズ・インフォマティクス」である。これには、物質設計、逆解法、高スループット計算スクリーニング、物質計算とデータベース検索の融合、計算結果の検索可能アーカイブへの保存、マシンラーニングおよびパターン認識、ワークフローツールの開発等が含まれる。外部評価委員会はこうした動向について支持も否定もしないが、計算物質理論グループがこうしたアプローチを十分に理解し、自分達の研究プログラムにマテリアルズ・インフォマティクスの側面を取り入れるべきか否かについて組織的に判断するよう提言する。取り入れるとの判断を下した場合には、例えば共通ツールやデータベースの開発など、国内や海外と連携した取組みを進めるかどうか検討すべきである。

ナノスケール物性研究部門（DNS）

ナノスケール物性研究部門（DNS）は現在、ナノスケール領域の様々な物質系を研究する6研究室によって構成されている。2つの研究室ではスピン輸送の研究を行っている。典型的には、電子線リソグラフィによってパターン形成された複雑なナノスケール構造や、エピタキシャル法で得られる半導体、金属、ハイブリッド多層構造を対象としている。他の3研究室は、低温の走査トンネル顕微鏡やこれに相補的な技法を駆使して、固体表面、あるいは表面上に蒸着した様々なナノクラスターに対して、電子特性、超伝導特性、磁気特性を調べている。6番目の研究室は、パルスレーザーアブレーション法による薄膜の作製および様々な酸化物や金属/酸化物ハイブリッド構造の研究に重点を置いている。

勝本研究室は現在、量子スピントロニクスおよびIII-V族半導体の変調ドーピング量子井戸からパターン形成したナノ構造におけるアンドレーフ束縛状態に関心を持っている。スピンフィルター効果やスピン偏極によってポイントコンタクトからスピン流を発生させる一方で、量子ドットの帯電領域でのパウリ・ブロッケードあるいはアハラノフ・ボーム振動を用いて、スピン偏極率が定量的に評価される。また、この

手法を物性研究所で作製した他の物質へと広げることが、将来計画とされている。さらに、半導体ナノスケール構造におけるマヨラナ粒子を研究する前段階として、近接効果を研究するための高品質なプラットフォームである、超伝導体/半導体エピタキシャル接合の開発が計画されている。

物性研究所および理研に研究室を持つ大谷所員はこの10年間、ナノスケールでの金属スピントロニクスに関する傑出した研究、より具体的には様々な強磁性/非強磁性複合体のナノスケールおよびマイクロスケール構造における純スピン流の生成・制御・検出を行っている。これらの研究には、スピン注入、スピンおよびスピン軌道トルク、スピンプンピング、スピンホール効果等の現象が含まれている。主な研究成果の一つに室温でのスピン流-電流変換の実証がある。さらに、スピン流の研究を超伝導体にも広げたのは大谷研究室が最初であり、低電流域では臨界温度 T_c 以下で逆スピンホール効果が巨大化することが実験的に示された。大谷所員の将来計画には次の2つの方向へ研究を拡張することが盛り込まれている。(1) 最近、物性研究所内(例: $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{Cu}$)や理研(例: トポロジカル絶縁体)、その他(例: 遷移金属ダイカルコゲナイド)で開発された新規物質におけるスピン流の研究。(2) 電流-スピン流交換以外の方法によるスピン流の生成。例えば、熱流や音波(例えばリップマー研究室が作製した圧電性 ZnO によって生成された)を用いたスピン流の生成。

固体表面の電気的磁氣的性質は、小森所員の中心テーマの一つである。これには三次元トポロジカル絶縁体の表面状態等が含まれ、LASOR や STM/STS を用いた最先端技術を使って研究が行われている。

吉信所員は表面化学、表面触媒モデリング、C-H 結合の活性化における量子効果の重要性をテーマにしている。小森所員および吉信所員は、KEK にある SOR 施設の技術開発や LASOR 共同利用施設にも貢献している。

長谷川所員は STM/STS を用いた低次元物性研究における指導的な科学者の一人である。同所員はこの技術の発展に独自の貢献を果たしており、さらに最適化することによって、最近の表面超伝導体の近接効果における「無反射トンネル」とジョゼフソン磁束の実空間イメージングに関する傑出した研究を行っている。

2001年にリップマー所員が物性研究所に赴任し、酸化物薄膜の作製機構が強化された。同所員は、主にパルスレーザーアブレーション法(PLD)を使って合成したナノシステムを提供することによって、国内外の科学者と共同研究を行っている。

家所員は二次元電子系、およびそのナノスケール表面装飾を行った系の輸送現象を研究していたが、2015年10月、日本学術振興会(JSPS)の理事就任に伴い早期退職となった。同所員の後任人事については慎重に検討すべきである。

提言

- 優位性のあるナノスピントロニクスの研究プログラム、特にバルク結晶や剥離単原子層として得られることが多い新規物質系を対象とする研究を継続するには、新たな加工手法を開発しなければならない。そのためには物性研究

所のナノファブリケーション設備の高度化、あるいは理研でのそうした設備の利用が必要になると思われる。

- DNS は、STM/STS 等の局所プローブ法や、物性研究所におけるレーザー光電子分光法を用いた最近の研究に多大なる貢献をしてきた。こうした展開が、表面超伝導や表面磁性等、表面やそのエッジ状態にみられる独特の低次元現象に関する最近の研究成果へと繋がった。外部評価委員会は、超伝導近接効果やポイントコンタクト型接合の研究を、最近非常に成功しているジョセフソン接合やアンドレーフ反射の研究へとさらに広げるよう提言する。
- 外部評価委員会は、DNS の研究者が自身の局所プローブに関する非常に精巧な技法を物性研究所で開発した新規物質のナノスケール特性の解明に利用するよう提言する。
- CO₂, N₂, CH₄ をはじめとする不活性化学物質の活性化といった新規な化学的機能も、ナノスケールの興味ある研究対象である。また、金属でのキンクエッジやステップエッジの機能性といった新たな概念の探求も興味深いであろう。
- リップマー研究室の PLD を用いた作製した酸化物基板の物理的、化学的機能についてもより広範な探求がなされるべきである。

物質設計評価施設 (MDCL)

物性設計評価施設 (MDCL) は、野口所員、川島所員を中心とする物質設計部と廣井所員を中心とする物質合成・評価部によって構成されており、上田寛所員が提唱した「DSC サイクル (設計-合成-評価サイクル)」をキーワードに運営されている。川島研究室は計算物質科学研究センター (CCMS) の担当でもあり、同センターの活動については、上記「理論および計算」のセクションに記載してある。

上田所員の退職後、MDCL の物質合成・評価部の担当所員は廣井所員 1 名のみとなった。MDCL は自身の強力な研究プログラムを有するだけでなく、物性研究所の他の物質開発グループに同施設の設備 (X 線測定室、電子顕微鏡室を含む) を提供している。高圧実験を行っている上床所員が MDCL に異動となる予定である。

廣井所員は、量子磁性および超伝導コミュニティに大きなインパクトを与える新たな化合物を多数生み出している。同所員の傑出した貢献には、カゴメ構造の反強磁性体におけるエキゾチックな磁気秩序、ラットリング振動による超伝導、5d パイロクロア酸化物におけるリフシツツ転移の発見等が含まれる。

提言

- 共同利用設備の質は、新物質の研究にとって極めて重要である。MDCL の設備の大半は、15 年近く更新されておらず、中には時代遅れになっているものもある。物性研究所内における新物質に関する卓越した研究活動、および新設の量子物質研究グループや機能物性研究グループを支援するため、早急な更新・高度化を行うことを強く推奨する。

- 上田（寛）所員は、物性研究所での新物質研究における卓越性を代表する存在であった。同所員の後任として、新物質を研究する優秀な科学者を補充すべきである。これについては新設する凝縮系科学研究部門や、量子物質研究グループ、機能物性研究グループと協力して行うべきである。（新物質科学研究部門（DNMS）および極限環境物性研究部門（DPEC）への提言参照）
- 物質設計部と物質合成・評価部との間のフィードバックは現時点ではあまり有効に働いていないが、新奇な、あるいはより優れた機能性を持つ物質系に対する第一原理計算に基づく予測の着実な進展により活性化することが考えられる。

中性子科学研究施設 (NSL)

NSL は 1961 年に設立され、振り返れば学術研究と日本の利用者コミュニティーへのサービス提供において輝かしい実績を長年にわたって残してきた。NSL は 9 台の分光器を JRR-3 研究炉において稼働させているが、2011 年の大震災以降、運転が停止されている。所内の研究および所外向け共同利用プログラムを継続運用するため、NSL は、ユーザーに対して海外の中性子施設での中性子ビームタイムの獲得や、海外渡航に伴う旅費の援助などに関して支援を提供している。運転停止中に JRR-3 内の設備の改修、高度化も行われた。しかしながら、JRR-3 の停止が長引いていることから、日本における中性子散乱実験技術の維持や、この分野での若手育成が一層困難になってきている。

NSL は KEK と協力して、J-PARC スパレーション中性子源にチョッパー分光器 (HRC) を設計、建設した。同分光器は 2010 年に稼働を開始し、現在では世界最高の設備と互角の競争力を有している。最近稼働を始めた 14T 超伝導磁石は磁性実験に対する強力な付加的ツールになるであろう。

NSL は、オークリッジ国立研究所 (ORNL) とともに日米協力事業「中性子散乱」を実施している。ブルックヘブン国立研究所 (BNL) の HFBR 原子炉停止後、冷中性子分光器 CTAX は、BNL から ORNL の高フラックスアイソトープ炉 (HFIR) に移設された。HFIR 施設への投資によって、低温や高圧下での中性子回折等、高フラックス中性子ビームへの長期間のアクセスが必要な共同研究が可能となる。例えば、上床研究室（物性研究所極限環境物性研究部門）が率いる共同研究グループは HFIR での実験をもとに、幅広い温度・圧力範囲にわたって MnP の磁気相図をマッピングすることに成功している。

NSL は 4 つの独立した研究室によって構成されており、それぞれの研究分野で高い評価を受けている。このうち 2 つの研究室は電子物性に重点を置いており、特に遷移金属酸化物や重い電子系金属（吉澤所員）、量子磁性体（益田所員）を中心テーマとしている。最近の主な研究結果として、電荷秩序状態にあるニッケル酸化物のスピントリビリティに関する体系的な非弾性中性子散乱マップ（吉澤所員）やマルチフェロイクス（益田所員）等が挙げられるが、これらは J-PARC の新しい HRC 装置を用いて得られたものである。山室研究室は中性子散乱およびこれと相補的なプローブを用いて、様々な機能性物質を研究している。金属中の水素の構造とダイナミクスに関する詳細な解明は特に興味深い。柴山グループはポリマーゲルの物理に関して世界ト

ップレベルの研究を行っている。精巧に設計されたポリマーネットワークとナノエマルジョンにおける柴山所員による幾つかの新現象の発見は、新分野の開拓者としての同所員の名声をさらに高めると同時に、研究者コミュニティと医療産業界に大きな波及効果をもたらした。柴山所員が2019年に退職を迎えることを踏まえ、新たな人材登用によってこうした専門性を維持し、成果を出し続けていく必要がある。

提言

- 外部評価委員会は、NSLの指導部およびスタッフが非常に厳しい状況の中、海外での実験を運用することに取り組み成功していることを高く評価するとともに、JRR-3の早期運転再開を求める働きかけを行なっていることを強く支持する。
- JRR-3が再稼働するまで、NSLの全般的戦略には多くの政治的不確定要素が伴う。吉澤所員（2017年退職予定）の後任については近い将来の政治的動向に照らして検討しなければならないであろう。JRR-3が長期的展望の下に再稼働すれば、適切な専門分野において新規所員を採用することにより、分野横断型的グループを非常に有効に補完できるのではないと思われる。
- JRR-3が再稼働した際には、NSLはJRR-3内の分光器の運転再開にエネルギーを集中させなければならない。それが完了すれば、提案されている高角度検出器バンクによるHRCの高度化に取り組むことが可能となる。この高度化により、水素ダイナミクスに関する興味深い新実験が可能になり、この装置の科学的な潜在能力が十分に発揮できるであろう。
- 日米共同事業については、すでに2014年に外部評価が実施されている。JRR-3研究炉の今後が決まり次第、JRR-3やJ-PARCの装置群を補完するような方向で日米共同事業が形成されるべきである。

国際超強磁場科学研究施設（IMGSL）

IMGSLは2006年に施設として設立された。現在は、嶽山所員、金道所員、徳永所員、松田所員が率いる4つの研究室で構成されている。

嶽山所員、松田所員の卓越した研究により、IMGSLでは現在、学術研究に利用できる世界最高磁場である約730Tまでを発生させることが可能である。この性能はまさに他に並ぶものがない。こうした種類の完全破壊型磁束濃縮法は、世界中の他のどの研究所においても達成されていない。両グループはまた、100T超の磁場下の半破壊的環境における難しい実験手法も実現させている。また、一層のコイルで85.8Tの磁場を達成した金道所員と徳永所員による非破壊型パルス・マグネットの技術的・学術的発展についても、同様な感銘を受ける。現在では、ユーザーの実験向けに75Tが日常的に利用可能となっている。

これらの研究室の研究テーマは、新物質科学研究部門のテーマに類似した、量子凝縮系物質である。そのために所内および所外の利用に向け、可能な限り最強度のパルス磁場が提供されている。すべての研究室がマグネットの作製や利用者支援を積極的に行っているだけでなく、自らトップレベルの研究活動にも従事している。最

近のハイライトとしては、フラストレートした磁性体（例えば ZnCr_2O_4 等のスピネル化合物）の磁気相図の解明や、 $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ の 80 T 超での磁化プラトーの特定、スピンドラダー系 BiCu_2PO_6 における磁場誘起相転移の研究などがある。また IMGSL の研究者は、超強磁場における固体酸素の新規相、マルチフェロイック物質 (BiFeO_3) の磁場誘起不揮発性メモリー効果、グラファイトの量子極限での電子相転移も発見している。また、所外の共同研究者とともに、新規の三角格子スピン 1/2 ハイゼンベルグ反強磁性体を発見し、物性評価を行った。

要約すると IMGSL は卓越した、比類ない要素も含むパルス磁場環境と、極めて汎用で高度な測定技術を提供している。スタッフ研究者が少人数であるにもかかわらず、IMGSL の学術的、技術的アウトプットは見事である。

提言

- 研究プログラムに支障をきたさずに円滑な引き継ぎが実施できるよう、適切な時期を見計らって嶽山所員（2018 年退職予定）の後任探しを開始することが重要である。
- 自前で 1000 T を達成するという目標は、非常に難しい大変な目標である。非破壊 100T プロジェクトについても同じことが言える。しかしながら外部評価委員会は、それにもまして新たな実験手法や独自の学術研究の発展をより重要なこととして捉えている。
- パルス磁場と他の施設（シンクロトロン、高出力レーザー等）とを組み合わせることにより、研究の新たな地平が開かれるようになると思われる。精力的に追求すべきである。
- 国内（大阪）や海外における他の強磁場施設との連携を継続、強化すべきである。
- 共同利用プログラムの運用のため技術職員の採用を増やすことは非常に有益であると思われる。外部資金の調達はそのための資源の確保に役立つであろう。

極限コヒーレント光科学研究センター(LASOR)

概説

極限コヒーレント光科学研究 (LASOR) センターは、柏の放射光施設計画が中止された後、2012 年に先端分光研究部門の 6 グループと軌道放射物性研究施設の 3 グループが統合されて発足した。この研究グループの再編に伴う LASOR センターの発足は大成功をおさめている。同センター発足からわずか 3 年で、光電子分光の光源として、あるいは物性評価の手法としてレーザーを活用するという新たな方向性が十分に確立した。光子エネルギーは既に 300 eV (C1s 吸収端をカバーする) の領域に達しており、1 keV に向けた開発が進んでいる。この目標の達成は容易ではないが、大半のソフトマテリアルや多くの遷移金属化合物にとって関心のあるエネルギー領域はここであり、非常に魅力的な目標である。同センターの傑出した成果は既に世界中で良く知られており、物性研究所における LASOR は、固体物理学の研究においてこのような先端的な技術を実践している主導的グループとして認識されて

いる。LASOR が探求している時間分解測定やその他の活動も非常に興味深いものであり、これらが物性物理学にとって今後一層重要なツールになることは間違いないであろう。

LASOR では柏キャンパスと SPring-8 シンクロトロン施設を拠点とする 10 研究室により、以下の 4 分野についての研究が行われている。

- (1) 極限レーザー科学：柏の 2 研究室
- (2) 軟 X 線および物質科学：柏の 3 研究室
- (3) コヒーレント光科学：柏の 2 研究室
- (4) 軌道放射物性研究施設 (SRL)：SPring-8 の 3 研究室

柏キャンパスの各研究室は、超高速分光、極超高分解能分光、オペランド分光の研究に力を入れている。SPring-8 の各研究室は、20 年以上にわたって開発、向上させてきた分光技術の成果を基に、世界最先端の X 線分光の開発を続けている。LASOR は現在、テラヘルツから軟 X 線にいたる幅広い領域で基礎科学、応用科学を追求する他に類のないセンターとなっている。

物性研究所の辛所員は、軌道放射光研究と先端的レーザー分光との緊密な連携を通じて、超高分解能レーザー光電子分光に革新的な進展をもたらした。LASOR はこの精神をさらに広げて物質と光の科学の新たな方向性の開拓を主導している。

LASOR の研究対象は広範囲であるため、LASOR 内の研究室同士や物性研究所の物質科学研究者、国内外の研究チームとの共同研究が活発に行われている。

LASOR の研究の水準の高さを反映し、同センターは多額の外部資金獲得に成功している。これらの外部資金は LASOR の施設を高度化する上で不可欠なものとなっており、物性研究所の運営にも大きく貢献している。

研究活動

LASOR の 4 研究グループは、それぞれ独自性のある研究活動を推進している。

- (1) 極限レーザー科学グループ（板谷所員、小林所員）

当グループは、極限分解能を使った時間領域およびスペクトル領域での光と物質の相互作用を研究している。板谷所員は炭素 K 殻吸収端 (284 eV) 近傍にアト秒領域の光源を開発して、超高速分光法の新たな局面を切り開いている。同所員は現在、エネルギー領域を keV にまで拡大させた軟 X 線レーザービームラインを開発中であり、高スペクトル分解能 X 線吸収放出分光器とともに、超高速 X 線分光法の新分野を切り開いている。

小林所員は、超高分解能分光法、光電子分光法、医療分野への応用、産業分野への応用に向けた、最先端超短パルスレーザーの開発において非常に成功している。同所員は現在、外部プロジェクトへの参加によって平均出力 1 kW の新世代フェム秒レーザーを開発することを計画中である。このシステムは、物性物理のための高出力レーザー XUV 光源になるであろう。

こうした新たなアプローチを追求するにあたり物性研究所には、特定の用途に最も適した最先端のレーザーシステムを、LASOR に所属する一流のレーザー研究者達によって所内で開発できるという強力な利点がある。

(2) 軟X線および物質科学グループ（辛所員、近藤所員、岡崎所員）

辛所員は、新たな角度分解光電子分光法（ARPES）の開発や、ARPES をさらに拡張したレーザーを用いた超高エネルギー分解能光電子分光法(Laser-ARPES)の開発によって、物性物理に傑出した貢献を果たした。当グループの研究者は、緊密な連携のもとで、ARPES を使った物性研究や、新たな光電子分光器や光電子顕微鏡の開発を行っている。Laser-ARPES は現在、7 eV の高調波レーザー光源を用いて世界最高のエネルギー分解能 70 μeV を達成している。

岡崎所員の画期的な業績の一つは、鉄系超伝導体($T_c \sim 3.4 \text{ K}$)における8ノード構造を持つ異方的超伝導ギャップの直接観測に成功したことである。7 eV 高調波を基に、近藤所員と辛所員は最近、世界最高のエネルギー分解能 1 meV を達成するスピン分解・角度分解光電子分光器を開発した。両所員は、世界最高の空間分解能 2.6 nm を達成する独自のレーザー光電子顕微鏡も建設した。

当グループは、最大 60 eV のフェムト秒高次高調波パルスを使った光電子分光法の実装にも成功している。彼らは軌道放射物性研究施設のビームライン技術を用いたポンプ・プローブ光電子分光の実施に成功しており、 TaS_2 および VO_2 の超高速絶縁体-金属転移を実証した。また、新奇な超伝導体、グラフェン、トポロジカル絶縁体等の様々な他の物質の研究も行っている。

(3) コヒーレント光科学（末元所員、秋山所員）

当グループは、新規なレーザー分光やコヒーレント非線形光学物理を研究している。特に末元所員は、弱強磁性物質のスピンダイナミクスにおいて独自のテラヘルツ磁場分光を用いて重要な研究結果を得ている。秋山所員は、半導体レーザーや T 型量子細線レーザー、利得スイッチング半導体レーザー、多接合太陽電池等の高品質ナノ構造、さらに生物発光システムに関する定量的マクロ分光といった物性科学の新分野の開拓に独自の貢献をしている。

急速に進化するレーザー科学技術と、機能性物質や動的システム/能動系/複雑系を含めた物性科学の新たな研究対象とを結びつけて、これまでない光物質科学を物性研究所において創始するために、当グループは重要な位置を占める。

(4) 軌道放射物性研究施設（松田所員、原田所員、和達所員）

物性研究所軌道放射物性研究施設の研究者は、2009 年より軟 X 線アンジュレータ・ビームライン BL07LSU（東京大学放射光アウトステーション）を SPring-8 内に整備し、高輝度放射光を用いた先端的分光法による物性科学を発展させている。現在エンドステーションには、世界的に高性能な時間分解能軟 X 線分光装置、三次元走査光電子顕微鏡、高分解共鳴非弾性軟 X 線散乱分光装置（軟 X 線 RIXS）が設置されている。

松田所員は BL07LSU の開発において主要な役割を果たしたことに加え、最近 XFEL レーザーや HHG レーザーを用いた共鳴磁気光学カー効果に関する先駆的な実験を行い、これらのフェムト秒パルスが素過程の探求に適していることを見いだした。原田所員は、軟 X 線 RIXS を用いて、液体の水における水素結合に関する注目すべき発見をしており、リチウムイオン電池の電極等の先端技術に向けたその場観察・オペランド観測分光の研究も行っている。和達所員は最近、共鳴軟 X 線回折を用いて、新規スピバルブ系における悪魔の階段的磁気構造の観測という重要な成果を創出している。

こうした活動を通じて、軌道放射物性研究施設は国内外の研究チームとの連携に貢献している。

将来計画

LASOR は超高速分光、超高分解能分光、オペランド分光、の 3 分野を中心テーマとすることを提案している。これらの分野を探求するにあたり、学際的研究と極限的かつ革新的な光源の開発による光物質科学および光科学の推進に向けた、以下の 4 プロジェクトを計画している。

(1) kW レーザーを使った先端的光源

平均出力が kW の範囲となる次世代固体レーザーの開発が計画されている。これらのレーザーは VUV から X 線までの領域で、アト秒パルス、単色コヒーレント放射、高強度等の様々な独特の特徴を示す短波長レーザービームラインの開発に利用される。

(2) 極限レーザー励起および固体における超高速光科学

当プロジェクトでは、強レーザー場物理学、アト秒分光、複雑固体物質の光周波数コム分光、コヒーレント光物質科学をはじめとする光科学の未踏分野を探索することを提案している。このアプローチによって、物性物理の研究対象が定常状態から、これまで大規模な研究がなされてなかった過渡状態や非平衡状態へと拡大するであろう。

(3) 次世代シンクロトロン放射光源の推進

SRL はシンクロトロン放射光の物質科学に向けた開発や利用において、またこの分野での若手科学者の育成において中心的な役割を担ってきた。SPring-8 の軟 X 線ビームライン BL07LSU の高度化に加え、SRL は日本の次世代シンクロトロン・XFEL 光源の開発・建設に従事する予定である。

(4) 次世代光科学のセンターオブエクセレンス (COE)

LASOR は他大学や他の研究機関と緊密な連携を図って光科学と物性科学とを融合させ、次世代光科学における COE になることを提案している。例えば、超高分解能光電子分光・顕微分光および時間分解光電子分光、吸収、および共鳴非弾性散乱分光は、触媒相互作用等の様々な現象のオペランド分光の進化に貢献するであろう。

また産業分野での連携、協力の提案もなされている。物性科学向けに開発された kW 級の光源は、新たな産業分野での応用を開拓する上でも、また極限条件下でのレーザーと物質の相互作用に関するマルチスケールの物理を理解する上でも役立つであろう。

人事関連

2005 年の外部評価では、柏に新しい放射光施設を建設するというプロジェクトに関し様々な難しい問題が指摘された。これらの問題点は完全に解決済みであり、LASOR はそれぞれの分野で存在感を示している多数の有能な所員を擁することに成功している。LASOR では所員 2 名の退職が近づいており（末元所員が 2016 年 3 月、辛所員が 2019 年 3 月にそれぞれ退職予定）、LASOR の将来に向けた次世代の所員の登用を戦略的に計画する重要な時期にきている。

もう一つの問題は、光科学関連の理論研究者が物性研究所に不足している点である。この分野を専門とする所員がいれば、光物質科学の急速な発展に大いに資することができるのではないかと思われる。

LASOR が柏および SPring-8 において、様々な先端的設備を開発、維持するためには、十分な訓練を積んだ技術職員が必要である。LASOR の技術職員の数は限られているため、将来計画を実行するためには人員増加に向けた何らかの措置を取る必要がある。

提言

- 超高速分光、超高分解能分光、オペランド分光を中心に研究を進めていくという LASOR の基本科学計画は適切なものであり、光物質科学の新領域を切り開くものと期待される。このチャレンジングな計画を遂行し、物性科学コミュニティを主導していけるよう LASOR を強化するためのあらゆる努力が行われるべきである。
- 末元所員が 2016 年 3 月に退職予定である。後任として、この分野のトップレベルの研究者をすぐに採用すべきである。LASOR センター長および軌道放射物性研究施設 (SRL) 長を務める辛所員も 3 年後に退職する。LASOR の運営に関わる後任の人事計画を、十分な時間的余裕を持って策定すべきである。辛所員の並はずれて優れた業績をふまえ、物性研究所は同所員が引き続き LASOR での研究に貢献できる方法を模索すべきである。
- LASOR は多数の外部資金を獲得し、物性研究所の財政に貢献してきた。物性研究所は、様々なプロジェクトの積極的な提案によってさらなる外部資金が獲得できるよう、LASOR を高く評価し支援すべきである。しかしながら、研究スタッフの過度の負担を避けるため、主要業務（研究および教育）と共同利用の運営やコミュニティ支援等のその他の業務との適切なバランスが保たれるようにすべきである。
- 新たな放射光技術の開発における SPring-8 の東京大学アウトステーションの重要性を鑑み、特に SPring-8 が日本での国家的重要テクノロジーの 1 つに数えられていることから、その活動を継続するためのあらゆる努力が行われるべきである。

**Review of the
Institute for Solid State Physics, the University of Tokyo**

January 2016

Committee Members

Tomasz Dietl	Polish Academy of Science & Tohoku University
Yoshiaki Kato	Graduate School for the Creation of New Photonics Industries
Maki Kawai	University of Tokyo
Bernhard Keimer	Max Planck Institute for Solid State Research (Chair)
Murugappan Muthukumar	University of Massachusetts, Amherst
Hidenori Takagi	Max Planck Institute for Solid State Research & University of Tokyo
David Vanderbilt	Rutgers University
Joachim Wosnitza	Dresden High Magnetic Field Laboratory, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf

1. General aspects

Current standing and future perspectives of the ISSP

The ISSP belongs to a small group of world-leading institutions for fundamental research in solid-state sciences. In the past decade, the Institute has created extremely impressive facilities including particularly the LASOR laboratory. At the same time, the Institute has operated highly productive external user programs at these unique facilities. The stature and influence of the Institute is documented not only by numerous outstanding publications, but also by many scientists who started their careers as research associates at ISSP and now hold prominent positions at outside academic institutions.

Solid-state research is continuing to evolve rapidly in various directions, and prospects for future development are bright. The ISSP is in an excellent position to continue its leadership in this field. Correlated-electron research at the Institute has grown strongly in recent years and is highly visible internationally. Scientists at the Institute also pursue a diverse set of other research directions – generally at a very high level, but not uniformly with the same degree of visibility. To enhance the cohesion within the Institute and the visibility of ISSP research internationally, the Institute has devised a strategic plan that calls for the formation of trans-divisional research groups. The Committee strongly endorses this plan; a detailed analysis is given below.

Trans-divisional cooperation and focus groups

Following the transformation of the University of Tokyo into a university corporation in 2004 and the authorization of ISSP as a Joint Research/Usage Center by MEXT in 2011, large-scale research facilities have become increasingly important for the Institute's mission and scientific culture. On the Kashiwa campus, the LASOR laboratory houses unique laser and spectroscopy facilities, the IMGSL provides magnetic fields of record strength, and a supercomputer center (SCC-ISSP) operated by the MDCL provides computational resources. In addition, the Institute operates neutron-scattering instruments at the JRR-3 reactor and at the J-PARC spallation source through the NSL, a soft X-ray beamline at the SPring-8 synchrotron through the Synchrotron Radiation Laboratory of the LASOR, and provides support for the utilization of off-site supercomputer resources through the CCMS laboratory. Each of these facilities provides a platform for in-house research, and it also serves a sizable outside user community.

Partly as a result of these transformations and the consequent focus on outside collaborations, scientific collaboration between the different disciplines within ISSP has declined in recent years. In particular, joint projects and publications of ISSP experimentalists and ISSP theorists

appear to be rather infrequent, despite the increasing importance of such collaborations in solid-state research. To counteract this trend and to stimulate interdisciplinary cooperation within ISSP, the Institute's strategic plan includes two new cross-divisional research groups.

The "quantum materials" group will focus on topological quantum phases in correlated-electron materials, as exemplified by the very promising materials recently discovered by Prof. Nakatsuji and coworkers. Quite appropriately, the Institute has identified Prof. Nakatsuji as a core member of the group. He will be joined by Prof. Oshikawa, who has a strong record in theoretical research on topological phenomena in solids. Complementary expertise is also available in other divisions and laboratories including LASOR, IMGSL, NSL, and MDCL. The proposed refurbishment of the MDCL facilities will be important to enhance the competitiveness of this group. There is no doubt that the group has the potential to be world-leading in this rapidly evolving field.

The aim of the group on "functional materials" is to conduct fundamental research on materials with significant functional properties in areas of immediate societal needs. This group will be nucleated around several ISSP researchers with common interests and complementary expertise in focused research topics, which are both intellectually challenging and significant in terms of applications. The "quantum materials" group, which will be created around leading ISSP researchers, already enjoys tremendous synergistic collaborations. The "functional materials" group could follow the template of cohesion expected from the "quantum materials" group. Although many research topics can be identified to emerge from the current ISSP researchers in the domain of "functional materials", it is perhaps prudent to focus on a few topics in the beginning where there are already significant collaborations and complementary skill sets. Examples of such synergistic topics are interfacial chemical reactions and hydrogels. In the focus area of interfacial chemical reactions (for instance, at electrodes in fuel cells, catalytically active surfaces, or aqueous interfaces around protein molecules), an interdisciplinary research group could build on excellent expertise within the Institute, including chemistry (Mori), spectroscopy (Akiyama, Yoshinobu), and theory (Sugino).

The other area of hydrogels (with Prof. Shibayama as a prominent exponent at ISSP, and potential collaborations with Noguchi and Akiyama) offers tremendous opportunities to harness a variety of functional properties with great potential to the health-care industry. These hydrogels, being essentially water-based, are ideally suited to the experimental tools mastered at the ISSP. In particular, the ISSP currently has a unique opportunity, with the availability of the new soft x-ray facilities in the LASOR laboratory, to make break-through discoveries in the context of both interfacial chemical reactions and hydrogels. A strong theoretical counterpart, with expertise in large length and time scales phenomena will have to be identified for the "functional materials" group.

The Committee strongly endorses the formation of these cross-disciplinary groups. The impending retirements of several senior faculty members will provide the opportunity to strengthen the Institute's expertise in key areas covered by the groups, and to enhance scientific exchange and cohesion within the Institute. We ask the Institute to consider the following points in implementing this plan.

Recommendations

- We recommend that the research program pursued within these groups (not affiliation with one of the Divisions) be given primary consideration in hiring new faculty. The focus should be on scientists who will build new bridges within the Institute, such as theorists who can interact fruitfully with experimentalists within the groups, or soft-matter experimentalists who can effectively utilize the LASOR facility.
- To nucleate strong collaborations, some additional resources should be allocated to the groups. One scheme may be to replenish the Director's discretionary fund, and to establish "Director's Postdocs" who are jointly supervised by two or more faculty members. We recognize the difficult budget situation due to the decline in government support and the rising electricity costs, but we note that the resources provided by the Institute may well seed external funding proposals which have the potential to improve the fiscal situation in the mid-term. This perspective is particularly promising for the "functional materials" group.
- Since ISSP's primary mission is in fundamental research, strong collaboration with outside groups (either in an institute focused on applied research, or in industry) should be explored to pursue applications. A strong alliance between ISSP and an applied-research institution could become very visible and would have excellent perspectives for a funding initiative.
- In order to maintain a transparent organizational structure, each group member should be integrated into one of the Divisions or Laboratories at the Institute.
- Independent of the cross-divisional groups, the Institute could take organizational measures to stimulate exchange and collaboration between young scientists, most of whom spend their entire time in a single building, without the opportunity to meet members of other groups. Such measures might include Institute-wide informal get-togethers on a weekly basis.

International outlook & recruitment

The Institute has been successful in attracting excellent international postdocs who appear to be well integrated into the ISSP community. However, the number of non-Japanese research associates and professors is very low, and not much progress has been made during the last decade in attracting international top talent at these levels.

Joint research at ISSP at moment appears to be open only for domestic users. In the official home page of ISSP (http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/joint_en.html), there is a call for "domestic" joint research but no call for "international" joint research.

Recommendations

- Especially in view of the upcoming faculty retirements, we recommend that the Institute undertake a dedicated effort to identify top international candidates. The Committee recognizes potential administrative challenges in offering internationally competitive salary levels and retirement terms, but a successful, highly visible precedent would be well worth the effort.
- The user program at the Institute's large-scale facilities could be used more effectively to attract international visitors. Visitors who experience the outstanding research opportunities at the ISSP directly may be more susceptible to recruiting efforts. To this end, the user programs should be advertised more prominently to potential users from abroad, with application forms in English.
- Many seminars at the Institute are currently given in Japanese. International members of the ISSP would benefit if speakers could be encouraged to give their talks in English.

Gender equality

The very small proportion of female faculty and research associates is a cause for serious concern. There has been virtually no progress in attracting top female candidates during the last decade.

Recommendations

- Currently the number of female solid-state scientists is very limited in Japan. International headhunting in countries with a higher representation of females (including China) could help attract leading female scientists to the ISSP. The Institute should be prepared to offer assistance with dual-career issues, in cooperation with surrounding institutions.

- Financial incentives to hire female research associates might be an effective means to promote gender equality at this level. Support could be provided through the Director's discretionary fund based on a competitive procedure.
- To help build a talent pool of young female scientists, the Institute could reinforce its outreach activities to high schools and junior university students, with special attention to females.

Additional recommendations

- The Committee recommends that potential synergies with surrounding institutions be explored and developed more widely and effectively. These include in particular the new Center for Emergent Matter Science at RIKEN, the Department of Advanced Materials Science of the University of Tokyo, the National Institute for Materials Science, and the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology.
- In view of the rapid pace of development in both science and science policy, the Committee recommends transitioning to a six-year reviewing cycle.

2. Divisions and Laboratories

Division of New Materials Science (DNMS) & Division of Physics in Extreme Conditions (DPEC)

The Division of New Materials and the Division of Physics in Extreme Condition are planned to be integrated into the new Division of Condensed Matter Science. The Division of New Materials currently consists of Prof. Takigawa, Prof. Sakakibara, Prof. Mori and Prof. Nakatsuji. Prof. Tajima and Prof. Ohgushi left to take full professorships in other universities. The Division of Physics in Extreme Condition consists of Prof. Uwatoko, Prof. Osada and Prof. Yamashita. The groups in the two divisions are working on the exploration of new compounds or new electronic phases. In this sense, it is natural to integrate the groups of Osada and Yamashita into the larger division. Uwatoko is joining the Materials Design and Characterization Laboratory.

The seven groups in the two divisions have been working on the exploration of exotic electronic phases produced by electron correlations and nontrivial band topology, with emphasis on new materials. Many important discoveries of materials and quantum phases were delivered by the members of the two divisions, together with the Hiroi group at MDCL, which created one of the

world's best showcases of new materials and quantum phases at ISSP. Having such excellent seeds within the Institute is one of the strengths of ISSP.

Nakatsuji keeps producing outstanding output on correlated topological matter, including the discoveries of exotic Hall effects such as a zero-field Hall effect in a metallic spin liquid and a giant anomalous Hall effect at room temperature in a metallic non-collinear antiferromagnet, a spin-orbital liquid state, and superconductivity at orbital quantum critical points. Mori developed quite impressive electron-proton coupled molecular conductors and created highly conducting metals and a new class of quantum spin liquids. Sakakibara discovered the zero-field Hall effect together with Nakatsuji, and a magnetic-field-induced quantum critical point in an $S = 1/2$ Heisenberg chain. Takigawa, using NMR, keeps finding fascinating physics e.g. in an exotic field-induced magnetization-plateau state in a two-dimensional spin-dimer system and in a distorted Kagome material discovered by Hiroi. Yamashita discovered a T-linear large thermal conductivity in an organic triangular magnet before joining ISSP, which is believed to be evidence for a spin Fermi surface and is exploring novel thermal-transport phenomena of spin liquids. Osada discovered the $\nu = 0$ ferromagnetic quantum Hall effect in an organic Dirac system. Uwatoko successfully upgraded their high-pressure facilities and discovered new superconductors and quantum critical points, including superconductivity in CrAs and MnP.

Recommendations

- Continuation of discovering new materials and new electronic phases is critically important for ISSP as a world-leading institute for condensed-matter science. Four faculty members working on new materials have left ISSP in the last five years: Profs. Yagi, Tajima, Ohgushi (project) and Ueda (MDCL). In addition, Takigawa and Sakakibara are scheduled to retire in five years. Their departures are a big loss but, on the other hand, this is a big chance to further enhance new materials research at ISSP. Filling up those positions with talented faculty members working on new materials and new electronic phases should be considered, closely linked to the new Quantum Materials or Functional Materials groups. The long-term strategy of recruitment should be discussed with all the positions on the table, in the light of new directions of condensed-matter science. An appropriate degree of diversity in the subjects and approaches within the new faculties should be carefully considered.
- The materials group in the new Division of Condensed Matter Science is encouraged to fully utilize the large-scale facilities. As their closest users, these scientists may give particularly valuable suggestions for the future development of the facilities.

Theory and Computation

Theory and computation appear in at least three different units within ISSP: the Division of Condensed Matter Theory (DCMT), the Materials Design Division (MD-D) within the MDCL, and the Center for Computational Material Science (CCMS). While some of the faculty members have special responsibilities as part of a laboratory or center, the issues are similar enough that it makes sense for them to be discussed together here. Specific recommendations are integrated into the corresponding paragraphs, and general recommendations are summarized at the end of this section.

Division of Condensed Matter Theory (DCMT)

The Division of Condensed Matter Theory (DCMT) is a core Division of ISSP and has a long and successful history of strong contributions to condensed matter and materials theory, especially in fundamental areas involving hard condensed matter including strongly correlated materials and, most recently, topological materials. Researchers in this group, together with theorists in MDCL and CCMS, have been very successful in developing new theoretical methodologies, providing insightful analysis of novel materials, and developing efficient numerical algorithms coupled to powerful computational hardware.

However, the DCMT recently saw the retirement of two of its core members (Prof. Ueda and Prof. Kohmoto) and anticipates the immediate retirement of a third (Prof. Takada), reducing the number of faculty from seven to four. The future plan for DCMT appropriately calls for attention to one or more future hires in this area. We strongly endorse the notion that this group should be strengthened by such additional hiring, although whether the primary appointment should be made inside DCMT or in the newly formed Quantum Materials group is unclear.

Among the continuing faculty in DCMT, Prof. Sugino is making outstanding contributions to the first-principles understanding of electrode dynamics and electrocatalysis, e.g., in the context of fuel cell reactions; this work is at the forefront of research worldwide. His development of advanced computational methods for GW and Bethe-Salpeter methods is also a valuable contribution. The contribution of Prof. Oshikawa to the development of the field of symmetry-protected topological phases is also an outstanding achievement, and both Prof. Oshikawa and Prof. Tsunetsugu have a very strong record of contributions to the theory of strongly correlated materials, with Prof. Tsunetsugu's contributions to the theory of the metal-insulator transition being particularly notable. The group of Prof. Kato does highly valuable work on quantum dynamics and transport in nanoscale devices.

The theory group should be encouraged to develop closer collaborations with experimental groups within ISSP. It is to be hoped that the formation of the new Quantum Materials and

Functional Materials groups will assist with this process. The successful collaboration between Profs. Sugino and Akiyama is an illustrative example of how hard-matter physics and soft-matter physics can be fruitfully combined in order to make substantial progress at the interface between quantum and functional materials.

While the expertise of the group until now has focused on hard condensed matter, the formation of the Functional Materials group opens a unique opportunity to provide theoretical and computational support in systems where large length and time scale phenomena will have to be addressed. The division is well poised to contribute towards break-through research in aqueous interfaces as in fuel cells, chemical reactions in biological interfaces, and electronic/ionic conductivities in soft-matter systems. Combining the expertise cultivated in DCMT at the quantum level with statistical mechanical approaches for soft-matter systems, such as polymers, complex fluids, and hierarchical biological/synthetic assemblies, is expected to place ISSP in a unique position, unparalleled anywhere else in the world. Additionally, such a strategic position is likely to significantly enhance the flow of external research support into ISSP.

In the area of Quantum Materials, possible areas of complementary expertise for a new hire might include first-principles based dynamical mean field theory or quantum spin dynamics and spin-transport phenomena. In the Functional Materials area, bringing in some statistical physics expertise could also be useful.

Materials Design Division in the Materials Design and Characterization Laboratory (MD-D in MDCL)

The Materials Design Division (MD-D) within the MDCL serves as the administrative center for the in-house supercomputer facility (SCC-ISSP) and its joint-use program. This facility is a valuable resource and source of strength for the theoretical activities at ISSP as well as for external users. The MD-D also provides the primary home for two faculty members. The work of Prof. Kawashima, who develops and applies advanced (e.g., quantum Monte Carlo, DMRG, and recently tensor-network) methods for solving strongly correlated lattice models, is of high quality and overlaps strongly with other theoretical research in quantum materials (e.g., in DCMT). The research program of Prof. Noguchi involves modeling dynamics of biomembranes under nonequilibrium flow conditions. While excellent in its own sphere, his collaboration within ISSP is limited to the mechanical properties of polymer gels with the Shibayama group. There is a substantial opportunity for Noguchi to expand his research into more soft-matter problems involving polymers, complex fluids, and physical biology where the experimental techniques of synchrotron radiation studies may play an important role.

Center for Computational Materials Science (CCMS)

The Center for Computational Material Science (CCMS) was formed in 2011 to promote the use of large-scale supercomputing facilities for materials science research. It operates exclusively on contract research funds, which provide significant external support for activities connected to high-performance supercomputing. In particular, the CCMS provides support to the Supercomputer Center (which is operated under the MDCL) in the form of algorithm development, code optimization, and user training (e.g., hands-on training workshops). Examples include the maintenance and development of the OpenMX DFT package, and in particular, advanced linear-scaling implementations for large-scale DFT simulations. The CCMS provides the primary home for two Project Professors who have special responsibilities in the above respects (including supervising the allocation of supercomputer time in response to user proposals) in addition to their own research. Prof. Ozaki has made valuable contributions by developing the linear-scaling algorithms mentioned above, with applications to nanoscience and energy materials. Prof Akai's work on the computational theory and algorithm development for the study of permanent magnets is also notable. CCMS also serves as a secondary affiliation for several faculty members who have appointments elsewhere, including Prof. Tsuneyuki (computational theory of thermal conductivity) and Prof. Todo (tensor networks and QMC for strongly correlated systems), and as a conduit for wider inter-institutional collaboration on materials-oriented supercomputing, as via the Computational Materials Science Initiative (CMSI). Because the CCMS operates on external project funding, its long-term prospects are strongly tied to those projects. In particular, the CCMS is expected to play a major role in preparing the Japanese computational materials science community to be able to take advantage of the anticipated upgrade of the K Computer to a new-generation exascale facility in 2020. It therefore does not seem useful for this Committee to make explicit recommendations in regards to those future developments.

General recommendations

- *Collaboration between theory and experiment within ISSP.* We strongly encourage members of DCMT, MD-D and CCMS to seek opportunities for expanded theory-experiment collaborations within ISSP. The administration of ISSP should also consider whether there are incentives that could be put into place that could help foster such collaborations. For example, perhaps there could be a few "Director's Postdoc" positions allocated explicitly for joint theory-experimental collaborations. Whether or not this particular suggestion is practical, ISSP should consider whether this or other similar incentives might help encourage such collaborations.
- *Materials informatics.* A growing trend in computational materials theory in the US and Europe can be summarized by the phrase "materials informatics," which may include:

materials design; inverse methods; high-throughput computational screening; integration of materials computation with database searches; storage of computational results in searchable archives; machine learning and pattern recognition; and the development of work-flow tools. The Committee neither endorses nor rejects these developments, but we do recommend that the computational materials theory group should familiarize itself with these approaches and systematically decide whether to include aspects of materials informatics in their research program. If so, they should also consider whether to coordinate their efforts nationally or internationally, as for example by the development of shared tools and databases.

Division of Nanoscale Science (DNS)

The Division of Nanoscale Science (DNS) consists presently of six groups that investigate a variety of materials systems at the nanoscale. Two groups carry on studies of spin transport in typically complex nanostructures patterned by electron beam lithography or in semiconductor, metal or hybrid multilayer structures obtained by epitaxial methods. Three other groups exploit low-temperature scanning tunneling microscopy and complementary techniques to examine electronic, superconducting, and magnetic properties of surfaces or various nanoclusters deposited onto surfaces. The sixth group is focused on thin-film growth by pulsed-laser deposition, and on studies of various oxides and hybrid metal/oxide structures.

The group headed by Prof. Katsumoto is presently interested in quantum spintronics and Andreev state spectroscopy in nanostructures patterned from modulation-doped quantum wells of III-V semiconductors. Point contacts serve for generation of spin currents (by spin filtering and spin polarization) whereas the Pauli blockade in the charging regime of quantum dots or Aharonov-Bohm oscillations are employed to quantify the degree of spin polarization. The extension of this methodology to other materials grown at the ISSP is planned as a future activity. Furthermore, superconductor/semiconductor epitaxial contacts will be developed as a high-quality platform for investigations of proximity effects, a necessary step to study Majorana fermions in semiconductor nanostructures.

Over last ten years Prof. Otani, a group leader at ISSP and at RIKEN, has been carrying on an outstanding program on metal nanospintronics, more particularly on generating, manipulating, and detecting pure spin currents in a variety of ferromagnetic/non-ferromagnetic hybrid nano- and microstructures. The studies involve phenomena of spin injection, spin and spin-orbit torque, spin pumping, and spin-Hall effects. One of the highlights was the demonstration of spin-charge conversion at room temperature. Furthermore, the group was the first to extend the spin-current studies to superconductors, showing experimentally a giant enhancement of

the magnitude of the inverse spin Hall effect below the superconducting T_c at low currents. The future plans of Prof. Otani include the extension of research in two directions: (i) studies of spin currents in novel materials developed recently in-house (e.g., $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{Cu}$), at RIKEN (e.g., topological insulators), and elsewhere (transition metal dichalcogenides); (ii) generation of spin currents by the use of other means than charge-spin conversion, e.g., by converting heat fluxes or acoustic waves into spin currents (generated by, e.g., piezoelectric ZnO grown in the Lippmaa group).

Electronic and magnetic properties of solid surfaces are one of the foci of Prof. Komori. These include surface states of three-dimensional topological insulators, which are investigated using state-of-the-art techniques utilizing LASOR and STM/STS.

Prof. Yoshinobu focuses on surface chemistry, modeling surface catalysis as well as the importance of quantum effects in the activation of C-H bonds. Komori and Yoshinobu contribute to the technical development of the SOR facility in KEK and also to the LASOR user facilities.

Prof. Hasegawa is one of the leading scientists in low-dimensional physics research using STM/STS. He originally contributed to the development of this technique and optimized it for his recent outstanding research on “reflection-less tunneling” in the proximity effect in surface superconductors, and imaging of Josephson vortices in real space.

The appointment of Prof. Lippmaa to the ISSP in 2001 has strengthened the potential of fabricating thin-film oxides. He collaborates with scientists within Japan and outside, by providing nano-systems mostly synthesized using the technique of pulsed-laser deposition (PLD).

Prof. Iye had conducted research on transport in two dimensional electron systems with, in some cases, nanoscale surface decorations until he took early retirement to become Executive Director of the Japan Society for Promotion of Science (JSPS) in Oct. 2015. How to refill this position should be carefully considered.

Recommendations

- To continue a competitive nanospintronics program, particularly involving novel material systems (often in forms of bulk crystals or exfoliated monolayers), new processing approaches have to be developed. This may require an upgrade of the ISSP nanofabrication facilities, or usage of such facilities at RIKEN.

- The DNS has contributed heavily to the recent investigations using local-probe methods, including STM/STS as well as laser photoemission spectroscopy at ISSP. These developments have led to the recent investigation of unique low-dimensional phenomena at surfaces and their edges, such as surface superconductivity and surface magnetism. The Committee recommends further extension of research on superconducting proximity effects and point-contact junctions to study Josephson coupling and Andreev reflections, which has recently been very successful.
- The Committee recommends that DNS scientists apply their highly elaborate local-probe techniques to the investigation of the nano-scale properties of novel materials developed at ISSP.
- Novel chemical functions such as activation of inert chemicals including CO₂, N₂ and CH₄ are another interesting target of investigation at the nano-scale, and it will be interesting to explore the new concepts of kink-edge or step-edge functionality in metals.
- The physical and chemical functions of oxide substrates prepared by PLD in Lippmaa's group should also be more widely explored.

Materials Design and Characterization Laboratory (MDCL)

Following the watchwords “Design-Synthesis-Characterization” introduced by its founder Prof. Yutaka Ueda, the Materials Design and Characterization Laboratory (MDCL) consists of the Materials Design Division led by Prof. Noguchi and Prof. Kawashima and the Materials Synthesis and Characterization Division led by Prof. Hiroi. The Kawashima group is also responsible for the Center of Computational Materials Science (CCMS) whose activities are described in the “Theory and Computation” section above.

Following the retirement of Ueda, Hiroi is the only faculty in the materials characterization part of the MDCL. This Laboratory has its own strong research program, and it serves other materials development groups at ISSP with its equipment (including x-ray diffraction and electron microscopy). Prof. Uwatoko, working on high-pressure experiments, is scheduled to move to the Materials Design and Characterization Laboratory.

Prof. Hiroi delivered a number of new compounds with big impact on the community of quantum magnetism and superconductivity. His outstanding contributions include the discovery of exotic magnetic order in a Kagome-based antiferromagnet, superconductivity induced by rattling vibrations, and a Lifshitz transition in 5d pyrochlore osmates.

Recommendations

- The quality of joint facilities is critically important for new materials research. Most facilities at MDCL have not been renewed for almost 15 years, and some of them are out of date. To support the excellent activity on new materials at ISSP and also the new Quantum Materials and Functional Materials groups, urgent renovation and upgrade are strongly advised.
- Ueda represented the excellence in new materials at ISSP. His position should be refilled with a talented new materials scientist. This should be done in concert with the new Condensed Matter Science division, and with the Quantum Materials and Functional Materials groups (see recommendations for DNMS and DPEC).
- The feedback between the Materials Design Division and the Materials and Synthesis Division is currently not substantial, but might increase with steady progress in ab initio predictions of materials systems with novel/improved functionalities.

Neutron Science Laboratory (NSL)

The NSL was founded in 1961 and can look back on a long and distinguished record of scientific research and service for the Japanese user community. It operates 9 instruments at the JRR-3 research reactor, which has been shut down since a massive earthquake hit Japan in 2011. To keep the in-house research and the external user program in operation, the NSL has assisted users in obtaining neutron beamtime at international neutron facilities and in covering the additional expenses for overseas travel. The shutdown has also been used to refurbish and upgrade the instrumentation at JRR-3. However, due to the prolonged shutdown of JRR-3, it is becoming increasingly difficult to maintain the neutron-scattering expertise in Japan and to foster young talent in this area.

In collaboration with KEK, the NSL designed and built the chopper spectrometer HRC at the J-PARC spallation source, which began operation in 2010 and is now competitive with the best instruments worldwide. A recently commissioned 14T cryomagnet will be a powerful additional tool for experiments on magnetism.

The NSL operates the US-Japan cooperative neutron scattering program together with the Oak Ridge National Laboratory (ORNL). Following the shutdown of the HFBR reactor in Brookhaven National Laboratory, the cold-neutron spectrometer CTAX was moved from BNL to the HFIR at ORNL. Investment in HFIR instrumentation enables research collaborations that require long-term access to high-flux neutron beams, such as neutron diffraction at low temperatures and high pressures. For instance, based on HFIR experiments a collaboration headed by the

Uwatoko group (ISSP Division of Physics in Extreme Conditions) was able to map out the magnetic phase diagram of MnP over a wide range of temperatures and pressures.

The NSL comprises four independent research groups who are well regarded in their fields of research. Two of these groups focus on electronic materials, with emphasis on transition-metal oxides and heavy-fermion metals (Prof. Yoshizawa), and quantum magnets (Prof. Masuda). Recent highlights include comprehensive inelastic neutron scattering maps of spin excitations in charge-ordered nickel oxides (Yoshizawa) and multiferroics (Masuda), which were obtained with the new HRC instruments at J-PARC. The group of Prof. Yamamuro uses neutron scattering and complementary probes to study diverse functional materials. The detailed description of the structure and dynamics of hydrogen in metals is particularly impressive. The group of Prof. Shibayama is doing world-leading research in the physics of polymer gels. Shibayama's discoveries of several new phenomena in well-designed polymer networks and nanoemulsions have underscored his reputation as a trailblazer in new directions, with a large impact on both the scientific community and the health care industry. It is necessary to sustain this expertise and continuation of accomplishments with new appointments, given the fact that Shibayama will be retiring in 2019.

Recommendations

- The Committee commends the NSL leadership and staff for the successful effort to organize overseas experiments under very difficult circumstances, and strongly endorses its appeal to resume operation of JRR-3 as soon as possible.
- Until JRR-3 resumes operation, there will be much political uncertainty about the general strategy of NSL. The replacement of Prof. Yoshizawa (who will retire in 2017) will have to be discussed in the light of the political developments in the near future. If JRR-3 is restarted with a long-term perspective, a new NSL faculty member with the appropriate scientific expertise could complement the cross-divisional focus groups very effectively.
- When the reactor resumes operation, the NSL will have to focus its energy on restarting the JRR-3 instruments. Once this has been accomplished, they will be able to tackle the proposed upgrade of HRC by a high-angle detector bank, which will enable interesting new experiments on hydrogen dynamics and thus fully realize the science potential of this instrument.
- The US-Japan program has already been reviewed by an external committee in 2014. Once the future of the JRR-3 reactor has been determined, this program should be shaped in such a way that it complements the instrument suite at JRR-3 and J-PARC.

International Mega-Gauss Science Laboratory (IMGSL)

The IMGSL was founded as a facility in 2006. It currently comprises four research groups headed by Professors S. Takeyama, K. Kindo, M. Tokunaga, and Y. Matsuda.

Due to the excellent work of Profs. Takeyama and Matsuda, the IMGSL is now able to deliver the world's highest magnetic fields available for scientific use, up to about 730 T. This capability is indeed unique. There is no other laboratory worldwide that masters this kind of fully destructive flux-compression technique. The same groups also realized challenging experimental techniques in semi-destructive settings in the field range above 100 T. There are equally impressive technological and scientific developments in the field of non-destructive pulsed magnets by Kindo and Tokunaga, having reached up to 85.8 T in monolithic coils. Now, 75 T are routinely available for user experiments.

The research themes pursued by these groups are similar to those in the DNMS, namely quantum condensed matter. For that, the highest possible pulsed fields are made available for in-house and external use. All groups are not only active in coil production and user support, but they are also engaged in top-notch research. Recent highlights include experiments to unravel the magnetic phases in frustrated magnetic materials (e.g. spinel compounds such as ZnCr_2O_4), to determine the magnetization plateaus in $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ above 80 T, and to investigate field-induced phase transitions in the spin-ladder system BiCu_2PO_6 . IMGSL researchers also discovered a new phase in solid oxygen at very high magnetic fields, a field-induced non-volatile memory effect in a multiferroic (BiFeO_3), and electronic phase transitions in graphite at the quantum limit. Together with external cooperation partners, they also identified and characterized a new triangular-lattice spin-1/2 Heisenberg antiferromagnet.

In summary, the IMGSL offers an excellent, partially unique pulsed-field infrastructure and remarkably versatile, sophisticated measurement techniques. The scientific and technological output of the IMGSL is impressive, despite the small number of staff scientists.

Recommendations

- To ensure a smooth transition without adverse effects for the research program, it is important to begin searching for a successor for Prof. Takeyama (who is scheduled for retirement in 2018) in a timely fashion.
- The goal to reach 1000 T in house is formidable. The same is true for the non-destructive 100 T project. However, the Committee regards the development of new experimental techniques and unique scientific research as even more important.

- The combination of pulsed-field magnets with other facilities (synchrotrons, high-power lasers, etc.) will open up new research horizons and should be vigorously pursued.
- Cooperation with other high-field facilities, both in Japan (Osaka) and beyond, should be continued and strengthened.
- It would be highly useful to appoint more technical support staff for running the user program. Getting external funds may help ensure the resources for it.

Laser and Synchrotron Research Center (LASOR)

Overview

The LASOR center was established in 2012 by combining 6 groups from the Division of Advanced Spectroscopy and 3 groups from the Synchrotron Radiation Laboratory, after the SOR project in Kashiwa was discontinued. This reorganization of the research groups and the creation of the LASOR center have been very successful. Only 3 years after the creation of the center, the new direction to utilize lasers as photon sources for photoemission or techniques for materials characterization has been fully established. The photon energy has already reached the region of 300 eV (including the C1s edge) and working towards 1 keV. Although this target is not easy to reach, it is very attractive since this is the energy range of interest for most soft materials and many transition metal compounds. The outstanding performance of the center is already well known worldwide, and the center at ISSP is recognized as the leading group practicing these advanced techniques in the study of solid-state physics. Time-resolved measurements and other activities pursued at LASOR are also very interesting and will with no doubt become more and more prominent tools for solid-state physics.

At LASOR, the following four research fields are pursued by 10 research groups located at the Kashiwa campus and at the SPring-8 synchrotron:

- (1) Extreme Laser Science: 2 research groups, Kashiwa
- (2) Soft-X-Ray and Materials Science: 3 research groups, Kashiwa
- (3) Coherent Photonics Science: 2 research groups, Kashiwa
- (4) Synchrotron Radiation Laboratory (SRL): 3 research groups, SPring-8

The research groups at the Kashiwa campus are focusing on ultrafast spectroscopy, ultra-high resolution spectroscopy and *in-operando* spectroscopy. The SPring-8 research groups are continuing to develop the world's cutting-edge x-ray spectroscopy, based on more than 20 years of achievement in the development and improvement of synchrotron techniques. LASOR is now a unique research center for pursuing basic and applied science in a wide spectral range from THz to soft x-rays.

Ground-breaking advances in ultrahigh-resolution laser-photoemission spectroscopy were made by S. Shin at ISSP through close collaboration between synchrotron radiation research and advanced laser spectroscopy. By extending this spirit, LASOR is taking the lead in developing new directions in material and optical science.

Due to the broad scope of LASOR, joint research is actively undertaken between the research groups in LASOR, with the researchers in material science in ISSP, and with domestic and overseas research teams.

Reflecting its high-quality research, LASOR has been successful in obtaining a large amount of external funds. These external funds have been essential for upgrading the facilities at LASOR and also made a significant contribution to ISSP operation.

Research activities

The 4 research groups at LASOR are pursuing unique research activities.

(1) Extreme Laser Science Group (Profs. Itatani, Kobayashi)

Light-matter interactions with extreme resolution in the time domain as well as in the spectral domain are investigated in this group. Prof. Itatani has been pushing the frontier in ultrafast spectroscopy by developing atto-second duration light sources near the carbon K-edge (284 eV). He is now developing a laser-based soft x-ray beamline with the energy extending to the keV region, together with a high spectral-resolution x-ray absorption and emission spectrometer for opening a new field of ultrafast x-ray spectroscopy.

Prof. Kobayashi has been very successful in developing leading-edge ultrashort-pulse lasers for ultrahigh-resolution spectroscopy, photoemission spectroscopy, medical applications, and industrial applications. By participating in external projects, he is now planning to develop a new generation femtosecond laser of 1kW average power. This system will lead to a high power laser-based XUV light source for solid-state physics.

In pursuing these new approaches, ISSP has the strong advantage that state-of-the-art laser systems which are most suitable for specific applications can be developed on site by top-rated laser scientists belonging to LASOR.

(2) Soft-X-Ray and Materials Science Group (Profs. Shin, Kondo, Okazaki)

Prof. Shin has made outstanding contribution to solid state physics by developing a new angle-resolved photo-emission spectroscopy (ARPES) and by further extending ARPES to ultrahigh-energy-resolution photoemission spectroscopy by utilizing lasers (Laser-ARPES). The scientists

in this group are working closely together on solid state physics using ARPES and on developing new photo-emission spectrometers and microscopes. Laser-ARPES now achieves the world's highest energy resolution of 70 μeV with a 7 eV harmonic laser source.

A milestone achievement by Prof. Okazaki is the direct observation of the anisotropic superconducting gap with 8 nodes in an iron-based superconductor ($T_c \sim 3.4$ K). Based on the 7-eV harmonics, Profs. Kondo and Shin have recently developed a spin- and angle-resolved photoemission spectrometer that achieves the world's highest energy resolution of 1 meV. They have also constructed a unique laser-based photoemission microscope that achieves the world's highest spatial resolution of 2.6 nm.

The group has also succeeded in implementing photoemission spectroscopy by femtosecond high-harmonic pulses up to 60 eV. By using the beamline technology of the Synchrotron Radiation Laboratory, they have succeeded in performing pump-probe photoemission spectroscopy, and demonstrated ultrafast insulator-to-metal transitions in TaS_2 and VO_2 . They have also investigated a variety of other materials including novel superconductors, graphene, and topological insulators.

(3) Coherent Photonics Science (Profs. Suemoto, Akiyama)

Novel laser spectroscopy and coherent non-linear optical physics are studied in this group. In particular, Prof. Suemoto has obtained important results in unique terahertz magnetic-field spectroscopy for spin dynamics in weak ferromagnetic materials. Prof. Akiyama has been making unique contributions to open new fields in material science; quantitative micro-spectroscopy on semiconductor lasers, high-quality nano-structures such as T-shaped quantum-wire lasers, gain-switched semiconductor lasers and multi-junction solar cells, and furthermore firefly bio-luminescent systems.

This group is important to initiate unprecedented optical and materials science in ISSP by connecting rapidly evolving laser-science technologies and new targets in material science including functional materials and dynamical/active/complex systems.

(4) Synchrotron Radiation Laboratory (Profs. Matsuda, Harada, Wadati)

Since 2009, the scientists at the ISSP Synchrotron Radiation Laboratory have constructed a soft x-ray undulator beamline BL07LSU (UTokyo Outstation) in SPring-8 to develop materials science with frontier spectroscopy using high brilliance synchrotron radiation. The end stations currently installed are world-competing performance facilities for time-resolved soft x-ray spectroscopy, three-dimensional scanning photoelectron microscopy, and high-resolution resonant inelastic soft X-ray scattering spectroscopy (soft X-ray RIXS).

In addition to taking the major role in the BL07LSU development, Prof. Matsuda has recently performed pioneering experiments on the resonant magneto-optical Kerr effect with XFEL and HHG lasers, finding that these femto-second pulses are suitable for exploring elementary processes. With soft X-ray RIXS, Prof. Harada is making remarkable findings on hydrogen bonding in liquid water, and is also working on *in-situ/in-operando* spectroscopy for advanced technology including Li-ion battery electrode. With resonant soft X-ray diffraction, Prof. Wadati has recently achieved important observation of devil's-stair case like magnetic structures in a novel spin-valve system.

Through these activities, the Synchrotron Radiation Laboratory contributes to collaboration with domestic and overseas research teams.

Future plan

LASOR is proposing to focus its research on the following three fields: ultrafast spectroscopy, ultra-high resolution spectroscopy, and *in-operando* spectroscopy. In pursuing these fields, the following four projects are planned to drive the advancement of light-matter and photon science by trans-disciplinary research and the development of extreme and innovative light sources.

(1) Advanced light sources based on kW lasers

It is planned to develop the next generation of solid-state lasers with average power in the kW range. These lasers will be used to develop a laser-based short-wavelength beamline in the VUV to x-ray region with various unique features including attosecond pulses, monochromatic coherent radiation, and very high brightness.

(2) Extreme laser drive and ultrafast optical science in solids

This project proposes to explore the frontiers of optical science such as intense-laser-field physics, atto-second spectroscopy, optical frequency-comb spectroscopy in complex solid materials, and coherent light-matter science. This approach will expand the solid-state physics from the steady state to the transient and non-equilibrium states which have not been extensively explored so far.

(3) Promoting next generation sources of synchrotron radiation

The SRL has taken a central role in the development and use of synchrotron radiation for material science and in fostering young scientists in this field. In addition to upgrading the soft-

x-ray beamline BL07LSU at SPring-8, the SRL will engage in the development and construction of next-generation synchrotron and XFEL sources in Japan.

(4) Center of Excellence (COE) in next-generation photon science

LASOR proposes to become a COE in next generation photon science by connecting photon science with material sciences in close collaboration with other universities and institutes. For example, ultrahigh-resolution photoemission spectroscopy/microscopy and time-resolved photo-emission, absorption and resonant inelastic scattering spectroscopy will contribute to advancement of *in-operando* spectroscopy of various phenomena such as catalytic interactions.

Also proposed is the collaboration and cooperation in industrial fields. The kW class light sources developed for material science will also be useful for opening new industrial applications as well as for understanding the multi-scale physics in laser-matter interaction under extreme conditions.

Personnel issues

Various difficult issues related to the construction project of a new synchrotron facility at Kashiwa were pointed out in the 2005 external review. These issues have been resolved completely, and LASOR has succeeded in attracting many talented faculty members who are visible in their own fields. Since the retirement of the 2 professors of LASOR is approaching (Suemoto in March 2016 and Shin in March 2019), this is an important time to strategically plan the next-generation faculty appointments for the future of LASOR.

Another issue is the lack of theoreticians related to optical science at ISSP. Faculty members in this field could greatly contribute to rapid advances in materials and optical sciences.

Well trained technical staff is required to develop and maintain various advanced facilities in LASOR at Kashiwa and SPring-8. Since the number of the technical staff members of LASOR is limited, it is necessary to take some measures to increase the personnel for implementing the future plan.

Recommendations

- The basic scientific plan of LASOR to focus its research on ultrafast spectroscopy, ultra-high-resolution spectroscopy, and *in-operando* spectroscopy is very appropriate and is expected to open important new fields in materials and optical sciences. Every effort

should be taken to strengthen LASOR to pursue this challenging plan and lead the materials science community.

- Prof. Suemoto is retiring in March 2016. His position should be refilled soon with a top scientist in the field. Prof. S. Shin, Director of LASOR and Director of SRL, will retire in 3 years. A careful succession plan for the management of LASOR should be developed well in advance. Considering the truly exceptional achievements Prof. Shin has made, the ISSP should explore ways that would allow him to continue contributing to research at LASOR.
- LASOR has been contributing to the financial situation of the ISSP by obtaining many external funds. ISSP should support and appreciate LASOR to further obtain external funds by actively proposing various projects. However, a proper balance should be kept between the major task (research and education) and other work, including user facility operation and community organization, in order not to overload the research staff.
- Considering the importance of the UTokyo Outstation at SPring-8 for developing new techniques for synchrotron radiation, every effort to continue the activity should be taken, especially because the SPring-8 facility is counted as a national key technology of Japan.

V. 外部評価実施体制 / Organization

外部評価実行委員会 / Organizing Committee

榊原俊郎*、小森文夫、森 初果、押川正毅、勝本信吾、上床美也、廣井善二、柴山充弘、
金道浩一、川島直輝、辛 埴、鈴木博之
/ T. Sakakibra*, F. Komori, H. Mori, M. Oshikawa, S. Katsumoto, Y. Uwatoko, Z. Hiroi, M.
Shibayama, K. Kindo, N. Kawashima, S. Shin, H. Suzuki

外部評価実施ワーキンググループ / Working Group on External Review

榊原俊郎*、鈴木博之、小森文夫
/ T. Sakakibra*, H. Suzuki, F. Komori

将来計画ワーキンググループ / Working Group on Future Plan

廣井善二*、押川正毅、中辻 知、吉信 淳、森 初果、秋山英文、小森文夫
/ Z. Hiroi*, M. Oshikawa, S. Nakatsuji, J. Yoshinobu, H. Mori, H. Akiyama, F. Komori

(* 委員長・世話人 / Chairman・Organizer)

評価資料 / Evaluation Materials

ISSP Activity Report

個人業績報告書（電子媒体にて評価委員に配布） / Personal Data (Distributed in digital media)

氏名 / Name

職・着任年月日 / Date of Appointment at ISSP

生年月日・性別・国籍 / Date of Birth, Sex, Nationality

学歴・学位 / Graduation and Degree

職歴 / Professional Career

活動 / Activities

研究活動（研究分野、所属学会、研究資金獲得実績） / Research Activities (Subjects,
Membership, Award, Grants)

教育活動 / Educational Activities

その他の活動 / Other Activities

主要論文 / Publications

最近の研究業績 / Recent Research Achievements

高被引用論文 / Frequently Cited Papers

招待講演 / Invited Talks

論文リスト / Publication List