

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

2021

はじめに

東京大学物性研究所は、1957年、当時立ち遅れていた日本の物性研究を世界の水準に高めるため、東京大学付置の全国共同利用研究所として設立されました。第I期（1957年～1980年）、物理・化学・工学の研究者が分野を超えて集められ、世界的にも認知された研究所として基礎が固められました。また第II期（1980～1996年）には、物性研究の重点化と機動性を図るため、極限部門が設立され、超強磁場、超低温、極限レーザー、超高圧、表面研究が展開されました。さらに第III期（1996年～）は、六本木キャンパスから柏キャンパスへの移転に伴い、従来の枠組みを超えた学際的な物性研究の展開、および国際拠点を目指した研究活動が進められています。

いつの時代も、物性研の目指すところは、物性分野における世界最高水準の先端研究の推進であり、その5つのミッションは、先端研究、共同利用・共同研究、次世代育成に加え、国際ハブ拠点活動、および社会との連携活動となります。

さらに、国際的な視野で、物性研究所の研究活動をおよび将来計画を評価していただくために、今回を含め計4回の国際外部評価が行なわれました。第1回目は、1995年に、キャンパス移転を視野に入れた将来計画に対して行われ、第2回目では、2005年に、移転後の活動と2004年の国立大学法人化への対応について検討され、第3回目では、2016年に、新しい分野開拓を目指した2つの横断型グループ（量子物質研究グループ、機能物性研究グループ）の設立提案がなされました。

現在、物性研の組織は、4つの部門、2つの横断型研究グループ、5つの研究施設センターより構成され、新物質合成とシステム創成、先端計測と制御、理論と計算の3つの軸が連携し、正のスパイラルで物質・物性研究を展開しております。2022年度に、次期共同利用・共同研究拠点がスタートすることを見据えて、2020年12月7～9日に、第4回目の国際外部評価が行われました。現在の5つのミッションに向けた活動、また前回の評価後に設立された2つの横断型グループの活動状況、および将来計画としてマテリアルデータコモンズ（物質データ科学研究）と量子物質ナノ構造ラボ設立を提案致しました。コロナ禍のため、国内委員は対面、海外委員はオンラインのハイブリッド形式で、3日間にわたり、同時刻（日・欧州・米国時間）に行われました。時差のため、朝早くから深夜にわたりましたが、活発な意見交換の中で大変有益なコメントを下された7名の評価委員の先生方に心より敬意と感謝を申し上げます。

今後、この報告書を活かして物性研究所での活動を進める所存です。皆様からも、ご意見、感想を賜れば幸いです。

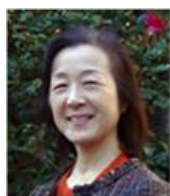
2021年4月

東京大学物性研究所長 森 初果

目 次 / Contents

I. 評価委員 / Evaluation Committee	1
II. 会議プログラム / Meeting Program	3
III. 外部評価報告書（和訳） / Report of the External Review (translated into Japanese)	7
1. 研究拠点としての物性研究所	8
1.1 研究活動	8
1.2 共同利用・共同研究	9
1.3 教育活動	9
1.4 国際交流・連携	11
1.5 産官学連携	11
2. 研究部門・附属研究施設	13
2.1 凝縮系物性研究部門 (DCMS)	13
2.2 物性理論研究部門 (DCMT)	14
2.3 ナノスケール物性研究部門 (DNS)	16
2.4 機能物性研究グループ (FMG)	18
2.5 量子物質研究グループ (QMG)	20
2.6 物質設計評価施設 (MDCL)	21
2.7 中性子科学研究施設 (NSL)	24
2.8 国際超強磁場科学研究施設 (IMGSL)	26
2.9 計算物質科学研究センター (CCMS)	28
2.10 極限コヒーレント光科学研究センター (LASOR)	30
IV. 外部評価報告書（原文） / Report of the External Review (Original)	33
V. 外部評価実施体制 / Organization	61

I. 評価委員 / Evaluation Committee



田島 節子 (委員長) / **Setsuko Tajima (Chairperson)**
大阪大学名誉教授 / Professor Emeritus, Osaka Univ., Japan



シュテファン ブリュューゲル / **Stefan Blügel**
ドイツ・ユーリッヒ総合研究機構教授 /
Professor, Forschungszentrum Jülich, Germany



ダン ニューマン / **Dan A. Neumann**
アメリカ・国立標準技術研究所
中性子研究センター 凝縮系物質科学グループリーダー /
Group Leader of Neutron Condensed Matter Science,
National Institute of Standards and Technology, USA



アンダース ニルソン / **Anders Nilsson**
スウェーデン・ストックホルム大学教授 /
Professor, Stockholm Univ., Sweden



野原 実 / **Minoru Nohara**
岡山大学教授 / Professor, Okayama Univ., Japan
(現、広島大学教授)



田中 耕一郎 / **Koichiro Tanaka**
京都大学教授 / Professor, Kyoto Univ., Japan



ヨアヒム ヴォスニッツァ / **Joachim Wosnitza**
ドイツ・ドレスデン強磁場研究所所長 /
Director of Dresden High Magnetic Field Lab., Germany

II. 会議プログラム／Meeting Program

Date: Dec. 7 (mon) – 9 (wed), 2020

Venue

Tajima, Nohara, Tanaka, and all the ISSP members:

Lecture Room, 1st and 2nd Conference Rooms (6F, ISSP Building A)

Blügel, Neumann, Nilsson, and Wosnitza: online with ZOOM

Monday (Dec. 7, 2020)

16:00 (JST), 2:00 (EST), 8:00 (CET)

Opening chair: Yukio Hasegawa

Opening Remarks by Hatsumi Mori, Director of ISSP

Introduction of External Reviewers

16:20 (JST), 2:20 (EST), 8:20 (CET)

Overview of ISSP

30 min. presentation by Hatsumi Mori, Director of ISSP

Question and Answer (30 min.)

17:20 (JST), 3:20 (EST), 9:20 (CET)

break (20 min.) at 2nd Conference Room

17:40 (JST), 3:40 (EST), 9:40 (CET)

A-1: Division of Nanoscale Science (DNS) (40 min)

chair: Yukio Hasegawa

Presentation by Yukio Hasegawa (10 min.),

Shingo Katsumoto (15 min.), and Mikk Lippmaa (15 min.)

A-2: International MegaGauss Science Laboratory (IMGSL)

(40 min) chair: Koichi Kindo

Presentation by Koichi Kindo (7 min.), Yasuhiro Matsuda (7 min.),

Masashi Tokunaga (7 min.), and Yoshimitsu Kohama (7 min.)

and 10 min. discussion

19:00 (JST), 5:00 (EST), 11:00 (CET)

break (1 hour) at 2nd Conference Room

20:00 (JST), 6:00 (EST), 12:00 (CET)

Committee Meeting (40 min.) at 1st Conference Room and ZOOM

20:40 (JST), 6:40 (EST), 12:40 (CET)

A-3: Functional Materials Group (40 min)

chair: Keiichi Inoue

Presentation by Hidefumi Akiyama (14 min), Takashi Oka (8 min.),

*and Keiichi Inoue (8 min.)
and 10 min. summary and discussion*

A-4: Neutron Science Laboratory (40 min)

chair: Osamu Yamamuro

Presentation by Osamu Yamamuro and Takatsugu Masuda

Tuesday (Dec. 8, 2020)

16:00 (JST), 2:00 (EST), 8:00 (CET)

B-1: Division of Condensed Matter Science (DCMS) (40 min)

chair: Minoru Yamashita

*Presentation by Minoru Yamashita (25 min.) and
Toshihito Osada (15 min.)*

B-2: Quantum Materials Group (QMG) (40 min)

chair: Yoshichika Otani

*Presentation by Yoshichika Otani (10 min.), Shinji Miwa (15 min.),
and Masaki Oshikawa (15 min.)*

17:20 (JST), 3:20 (EST), 9:20 (CET)

break (20 min.) at 2nd Conference Room

17:40 (JST), 3:40 (EST), 9:40 (CET)

B-3: Laser and Synchrotron Research Center (LASOR) (80 min)

chair: Jiro Itatani

*Presentation by Yohei Kobayashi (20 min.),
Yoshihisa Harada (17 min), Iwao Matsuda (16 min.),
Ryusuke Matsunaga (13 min.), and Takeshi Kondo (13 min.)*

19:00 (JST), 5:00 (EST), 11:00 (CET)

Meeting with young researchers at 2nd Conference Room and ZOOM
*Drs. Toshihiro Nomura (IMGSL), Takeshi Suzuki (LASOR),
Tomoko Fujino (DCMS), and Yasuhiro Tada (DCMT)*

20:00 (JST), 6:00 (EST), 12:00 (CET)

B-4: Division of Condensed Matter Theory (DCMT)

Center of Computational Materials Science (CCMS) (40 min)

chair: Takeo Kato

Presentation by Takeo Kato (20 min.) and Taisuke Ozaki (20 min.)

B-5: Materials Design and Characterization Laboratory (MDCL)

(40 min) *chair: Naoki Kawashima*

*Presentation by Naoki Kawashima (20 min.) and
Zenji Hiroi (20 min.),*

21:20 (JST), 7:20 (EST), 13:20 (CET)

Committee Meeting (40 min.) at 1st Conference Room and ZOOM

Wednesday (Dec. 9, 2020)

16:00 (JST), 2:00 (EST), 8:00 (CET)

Discussion with ISSP members (1 hour)
at 1st Conference Room and ZOOM

17:00 (JST), 3:00 (EST), 9:00 (CET)

break (20 min.) at 2nd Conference Room

17:20 (JST), 3:20 (EST), 9:20 (CET)

Committee Meeting (40 min.) at 1st Conference Room and ZOOM

19:00 (JST), 5:00 (EST), 11:00 (CET)

break (1 hour) at 2nd Conference Room (6F, ISSP Building A)

20:00 (JST), 6:00 (EST), 12:00 (CET)

Committee-ISSP Joint Meeting (1 hour)
at 1st Conference Room and ZOOM

Closing Remarks by Jun Yoshinobu, Vice Director of ISSP

東京大学 物性研究所

外部評価報告書

2021 年 1 月

1. 研究拠点としての物性研究所

1.1 研究活動

最先端の科学研究を遂行することは、物性研究所の最も重要な使命である。論文数の面から見ても、物性研究所の研究活動は非常に充実している。研究者の数が徐々に減少しているにもかかわらず、論文の総数はほぼ一定に保たれており、各研究者がより多くの論文を発表している。また、発表された論文の約 10%が被引用数で上位 10%以内にランクインしている。これらのデータは、質的にも量的にも世界のトップレベルの研究活動が物性研において行われていることを示している。

2015 年の外部評価以後、物性研では、機能物性研究グループ (FMG) と量子物質研究グループ (QMG) という二つの部門横断的な組織が発足しており、それぞれ数名のコアメンバーが所属している。研究所内部での連携・共同研究を促進するためのこのような取り組みは実りある成果を生み出している。QMG のコアメンバーの一人 (中辻所員) は本郷キャンパスの理学部へと異動したことを踏まえて、QMG では共同研究プロジェクトを明確にする必要がある。

物性研の強みの一つとして、世界トップクラスの研究設備が備わっていることが挙げられる。長期間に亘って運転を停止していた中性子原子炉の JRR-3 が、2021 年 2 月に再稼働するというニュースは心強い。JRR-3 と J-PARC パルス中性子施設は、例えば水素関連の研究など、物性研での研究において重要な役割を果たすことになる。強磁場施設もまた、継続的に発展している。屋内強磁場の世界記録である 1200T の発生に成功したほか、様々な種類の非破壊型強磁場を国内外のユーザーに提供している。計算物質科学研究センターは、日本を代表するスーパーコンピュータ「富岳」に関連するいくつかの研究プロジェクトを担う拠点として機能している。こうした有利な立場を利用して、物性理論研究部門 (DCMT)、FMG、QMG、物質設計評価施設 (MDCL) の理論研究者は、凝縮系物理学や物質科学の新しい研究領域を開拓していくものと期待される。LASOR グループの業績は特筆すべきものがある。彼らはレーザーと放射光を組み合わせた先進的な分光法を開発し、多くの実りある科学的成果をもたらしてきた。これは、組織内連携の好例の一つである。LASOR への所員の戦略的配置は合理的かつ適切である。

大型設備だけでなく、小規模な実験技術も各研究テーマに応じて向上してきた。ナノスケールや表面科学に関する技術は強化されているが、汎用的な技術の維持・向上に対してもバランスよく資金を投入することが望ましい。量子ナノ物質創成ラボやマテリアルズ・データ・コモンズの設立に向けた将来計画は高く評価する。これらの分野において、物性研は主導的役割を担うべきである。

提言

- 評価委員会は、物性研内連携強化に向けた現在の戦略を強く支持しており、この方向性をさらに推進することを推奨する。
- 優秀な所員の採用は、物性研が今後も世界をリードする機関であり続ける上での最重要課題である。

1.2 共同利用・共同研究

1957年の設立以来、物性研は、優れた研究資源を共有することを通じ、幅広い研究者の共同利用・共同研究を促進し、学術研究の発展に寄与することをその使命の一つとして掲げてきた。この使命と共同利用制度は、日本の国立大学法人化後の2010年、文部科学省によって再確認されている。

国内の研究者は、年に2回、共同利用・共同研究の課題申請を行うことができる。共同利用施設専門委員会を年2回開催して、申請内容を審査し、共同利用・共同研究プログラムの予算に応じて、研究課題やワークショップの採択を行っている。共同利用施設専門委員会は、物性研所内・所外からほぼ同数のメンバーで構成されている。物性研は、共同利用・共同研究の採択課題以外にも、日本全国の若手研究者（大学院生を含む）の長期研究を資金面で支援している。柏キャンパス内に約30名収容できるゲストハウスがあり、重要な資産である。

過去6年間、採択課題数（約1,000件/年）と利用者数（約1,400件/年）はほぼ一定であった。ワークショップの件数と参加者数は、近年はやや減少している。これらのワークショップは、日本の凝縮系科学のコミュニティにとって重要な役割を果たしている。

提言

- 日本における凝縮系科学の共同利用・共同研究拠点は、研究予算が減少している多くの大学にとって、その重要性がさらに増している。こうした状況を踏まえ、物性研は当該分野の拠点としての立場を維持し、今後も継続していくべきと考える。

1.3 教育活動

所員の募集・採用

所員の募集・採用手続きは国際的水準に見合ったものである。教授の採用には、内部昇格と外部からの採用の2つの選択肢があるが、物性研の健全性・良好性を確保する上で、内部昇進と外部採用の比率は適切なものでなければならない。物性研の研究戦略・方針の中核を担い成果を挙げているグループを維持するとともに、物性研を新たな方向に向かわせることのできる新所員を採用することのバランスをとる必要がある。また、新たな研究の方向性を示し強い影響力を及ぼすことができるのは教授であり、教授と准教授のどちらを採用するかについては、物性研の執行部の中で議論すべきである。助教の5年任期2回までというのは、非常に良い考えであり、すでに定着している。こうしたポジションにつきたい人は、世界中に数多くいるであろうし、特に、大学における正規職の数が減少している国内の若手研究者にとっては、魅力的であることは間違いないであろう。

学生および若手研究者の教育

物性研は研究機関であるため、若手研究者（RA、PD）と大学院生を教育の対象としている。研究室を主催する研究者（PI：教授・准教授）の数が40名程度であることを考えると、助教（RA：50名）と博士研究員（PD：49名）の数は妥当な水準である。物性研ではすでに若手研究者への奨励制度を幾つか設けており、現在

のところうまく機能しているように見受けられる。一方、物性研の学生数は比較的少ない（修士課程学生：89名、博士課程学生：64名（2020年））。女子学生は全体の1割にも満たない。この傾向は長期的に続いており、この10年変わっていない。

学部課程がない・地理的に本郷キャンパスから離れているなどのデメリットを克服して、より多くの修士・博士課程の学生を物性研に呼び込むために、柏キャンパス・サイエンスキャンパスを発展させることは非常に良い考えである。また、所員が学生に授業を行うルートを確保し、物性研の研究が本郷や近隣の他大学での研究とは異なることを学生に知ってもらうことも重要である。この点において、物性研が大規模なあるいは他にはない実験装置・計算機施設を持っていることは魅力的な要素であり、アピールをしていく必要がある。

評価委員会は、物性研が SPring-8 の放射光夏の学校や AONSA（アジア・オセアニア地区中性子散乱連合）の中性子スクールのような体験型ワークショップに貢献している取り組みを高く評価する。これは非常に重要で、専門的な実験装置施設を活用した質の高いハイレベルな教育活動である。

ISSP 学術奨励賞も非常に良いアイデアである。ただし、受賞者の大半が助教であり、学生の受賞者は17年間で博士課程2名しかいない点が懸念される。（平均して助教の18.5%がこの賞を受賞している。）研究キャリアの各段階において例外的に優れた研究を行った者に対しては、博士課程の学生も推薦されることを推奨する。

提言

- 評価委員会は、柏の大学院生を対象とした1～2週間の国際サマースクールを毎年開催することを提案する。講義の主要部分は物性研メンバーによるものとし、国内外の大学からの講義を加えてもよい。これにより、物性研の国際的な認知度が向上し、優秀な若い学生が物性研の研究グループに参加するようになり、博士課程の学生・博士研究員・助教の採用にも役立つ。
- ダイバーシティの問題については、生活環境や子育て環境を整えた上で、外国人 PI、特に女性 PI の数を増やす努力をすることが一つの解決策である。これにより、女性若手研究者や学生を含む留学生の数を増やすことができる。物性研の隣に建物を持つ Kavli IPMU との連携は、この問題を解決するのに役立つであろう。より直接的な方法としては、研究分野や部門を特定せずに女性研究者のみを対象とした新しい所員を設けることである。このような採用の成功例は他の大学や研究機関でも多く見られる。

1.4 国際交流・連携

国際交流及び連携は、次世代の物質・材料の研究開発促進に重要である。効果的な国際共同研究の遂行には数々の困難が付きものであるが、これまでも物性研が国際交流・連携の重要性を認識し、外国人研究者との連携を強化してきた点に感謝する。物性研国際交流室のサポートのもと、短期・中期・長期滞在を可能とする外国人研究者の招聘プログラムが柔軟に実現されていることや、また外国の研究機関との協定締結や覚書の策定（その中には人的交流を含むことが多い）、大学院生向け海外の研究機関への派遣プログラム、そしてアジア・オセアニア地区中性子散乱連合（AONSA）が開催する AONSA 中性子スクールへの参加などは国際交流・連携の顕著な例と言えよう。

提言

- 世界的な COVID-19 の拡大のため、こうした活動の多くが中止せざるを得ない状況にあったことは理解できる。今後、安全が確保された場合には、国際協力の推進に向けて再開し、より活発な活動が行われることを推奨する。
- 前回の外部評価での指摘の再述であるが、物性研の優れた研究科学施設のより効果的な運用は、海外の科学者にとって有益かつ魅力的であることを再認識してもらいたい。そのためには、これらの施設設備や受入可能日数について、よりよく周知させる必要がある。ヨーロッパで3基の原子炉が閉鎖されたことで世界的な中性子散乱の能力が低下しているため、日本にある JRR-3 の再稼働計画は、研究者にとって非常に良いタイミングと見られている点に注目しておきたい。新たな国際共同研究を展開する上で、好機となるかも知れない。

1.5 産官学連携

物性研では、様々な活動を通じて社会への認知度を高めるための努力を続けてきた。毎年秋には、柏キャンパスの他の研究所・機関と共同で2日間の「一般公開」を開催し、各方面から3,000人以上の方が来場している。また、高校やその他の団体からもこれまでに300名以上の方が来所し、実験施設の訪問や、講義への参加、実験の体験などを行っている。さらには毎年、ノーベル賞受賞者をはじめとする著名な講師を招いて、一般向けの講演会を柏市との共催で開催している。

物性研では革新的な知識を産業界と共有するために、企業との共同研究を奨励している。2014年以降、産業界との共同研究数は著しく増加しており、特に顕著な例は、トヨタ自動車との連携により、物性研の社会連携研究部門として「データ統合型材料物性研究部門」が開設された。この他にも、CCMS では計算物質科学人材育成コンソーシアム（PCoMS）、LASOR では高効率レーザープロセッシング推進コンソーシアム（TACMI）など、産官学連携の機会創出に向けたコンソーシアムを設立・運営している。こうした連携は、将来、財政面において物性研に多大な貢献をもたらすと考えられる。

提言

- 傑出した研究成果に関するプレスリリース発表など、より積極的な広報活動が可能であろう。

2. 研究部門・附属研究施設

2.1 凝縮系物性研究部門 (DCMS)

凝縮系物性研究部門 (DCMS) は、前回 2015 年の外部評価実施直後に、既存の 2 部門を統合する形で新設された部門である。DCMS を構成する各研究室は、新物質の作製や新奇現象の発見・解明といった共通目標に向けて、それぞれの高度な実験技術・専門知識を駆使し、対象としている物質の研究を行っている。各研究室のこうした高い独立性は、シード・クリエイターとしての役割を果たす上で必要なものである。現在のメンバーは、重い電子系・有機伝導体・グラファイト・黒リン超薄膜等を対象に、有機系物質合成、核磁気共鳴法 (NMR)、強磁場・高圧力下での熱・輸送測定等、幅広い実験技術を用いた研究を行っている。また、特定の物質についての部門内での共同研究も非常にうまく進んでいる。

実験用サンプルの多くは、森研究室によって、あるいは物質設計評価施設 (MDCL、物性研の財産であることは明らか) の協力の下、物性研内で作製されており、物質合成は、まさに物性研の優れた研究の根幹を成すものである。

この5年間で、トップレベルの興味深い研究成果が出ている。瀧川所員は、 ^{27}Al -NMR と磁化測定により、 $\text{PrTi}_2\text{Al}_{20}$ の強四極子秩序の秩序変数の磁場誘起不連続スイッチングを発見した。榊原所員は、遍歴性イジング強磁性体 URhGe のウィング構造を示す相図を明らかにし、現象論的なモデル解析の結果と一致することを見出した。森所員は、有機材料におけるプロトン伝導機構を探究した。森所員は、自身で様々な結晶を合成する利点を生かして、これまで知られていた2つの静的要因に加えて、分子の動的振る舞いが無水プロトン伝導の主因の1つであることを明らかにした。長田所員は、圧力下での層間抵抗を測定することで、二次元系で質量ゼロのディラック・フェルミオン系である $(\text{BEDT-TTF})_2\text{I}_3$ のディラック分散に関する情報を抽出することに成功した。また、ナノリボンのエネルギースペクトルに、カイラルエッジ状態やヘリカルエッジ状態が出現することを提案した。山下所員は、 CeCoIn_5 の相図に 20mK 以下の新しい磁場誘起相を発見し、この化合物が量子臨界点の物理を探求するための有望な候補であることを示した。

提言

- 所員の欠員補充は、物性研の長期戦略に基づいて行うべきである。特に (中辻所員や大串所員のような) 無機物質の結晶育成の技術を有する研究者の採用を検討すべきである。
- 新たな相の発見や新しい研究分野開拓の元となるような新規物質の探索、および広範囲の実験技術を備えたユニークな実験施設・装置の開発、という2つの物性研の卓越した資産を維持するよう努めるべきである。
- 大型施設での世界有数の実験環境をさらに活用すべきである。

2.2 物性理論研究部門(DCMT)

物性研では、理論と計算物理の研究は、物性理論研究部門(DCMT)・物質設計評価施設(MDCL)内の物質設計部(MDD)・計算物質科学研究センター(CCMS)・データ統合型材料物性研究部門(DDIMS)ならびに、2つの部門横断型研究グループである機能物性研究グループ(FMG)と量子物質研究グループ(QMG)において行われている。かなり一般論的な指摘ではあるが、この理論および計算物理の研究は、物性研での良い位置付けがなされ、物性研の研究活動の中核を担っており、ISSP Activity Reportの第1ページの記載のとおり、物性研全体の使命に大きく貢献するものである。電子相関・輸送特性・統計力学・非平衡物理学・第一原理計算など様々なテーマを扱っており、これにより、基礎研究、計算物理化学、マテリアルズ・インフォマティクス、機械学習、テンソルネットワークなどの広範な計算手法の開発など、多次元的な方向への道を切り開いてきている。また、ペタフロップコンピューティングの活用や、エクサスケールコンピューティングへの取り組み、計算手法の指導を通じた関連コミュニティへの貢献、産業界や政府の政策立案者の要求に対応した長期的なプロジェクト指向の研究なども行っている。2015年の物性研外部評価報告書の提言を受けて、実験研究者との連携を強化させており、認識も高まっている。物性研では、理論・計算物理の部門〔現在メンバー：(DCMT コアグループ：常次所員・加藤所員、MDD コアグループ：川島所員・尾崎所員・野口所員、DDIMS コアグループ：福島所員、FMG コアグループ：杉野所員・岡所員、QMG コアグループ：押川所員)〕に属する所員を、物性研所員総数40名の4分の1を占める10名としている。

上述のように、物性研の内部連携は2015年の物性研外部評価報告書で重要な課題として指摘され、物性研は、改善に向けて様々な取り組みを実施してきた。2つの部門横断型学際的研究グループの発足や、計算系研究室のMDCLへの統合などはその一例である。理論と実験の連携は重要であるが、物性研はいくつかの大型実験施設を有しており、そこから新しい実験結果が生み出され、理論的な解釈が待たれていることから、一層その重要性は増していると言える。

物性理論研究部門(DCMT)は物性研の3つの中核部門の一つである。磁性・強相関電子問題・電子輸送などの基礎的な分野に重点を置き、DFTやQMCなどの計算手法をはじめとする広範な手法を開発・利用し、物性物理の研究において長年にわたり成功を収めてきた。毎週開催される理論セミナーには、所内の誰もが参加できる。また、隣接する他の研究所の高エネルギー理論グループとの交流もDCMTにとってプラスとなっている。

常次所員は、強相関電子系、フラストレート磁性における新しい量子状態、非平衡ダイナミクス、相関電子の1次元モデルの時間発展などの分野をBethe Ansatzなどの様々な方法を用いて研究している。加藤所員は、解析的手法と数値的手法の両方を用いて、量子輸送の分野を研究している。最近のテーマは非平衡多体系、ショットノイズ、高速外場による輸送、スピントロニクスなどである。

これらのテーマは、何十年にもわたって難題として知られ、現代の物性研究の中核をなすものであり、物性研の戦略の観点からも適切なテーマといえる。例えば、極限コヒーレント光科学研究センターの存在や、超高速分光や大強度レーザーに関する新たな物性研究、さらには物性研の様々なスピントロニクス研究を考えると、強相関電子系の非平衡物理学とその性質をリアルタイムで研究することは、非常に挑戦的であり、物性研の戦略的方向性とも合致すると言えよう。

提言

- 高エネルギー系と凝縮系理論との境界がますます狭くなり、トポロジーに関連した新しい数学的概念が凝縮系分野に入り込んでいる時代において、また、凝縮系の基礎的な問題と密接に関連する方法論であるシミュレーション科学・AI・ディープラーニング・データサイエンス・量子コンピューティング・ニューロモーフィックコンピューティングが急速かつ過剰ともいえる勢いで発達している時代において、理論と計算物理の研究に従事する所員の比率が全所員の4分の1を下回らないようにすることが適切と考えられる。
- 理論部門が、新しい物性と機能性を持つ新物質によってもたらされる挑戦的課題や好機を生かすよう推奨する。これらの課題は、新しい理論的概念や方法の開発を刺激することになる。
- 物性研の理論系研究室間での連携や理論系研究室と実験系研究室との共同研究は非常に実りあるものであり、相互に有益であるが、理論と計算物理学は独立性を維持することも必要である。最前線の理論や計算手法を開発することは、新しい研究の方向性にもつながるため、物性研は今後も、物性物理学の新領域を創造できるような純粋な理論研究を推進すべきである。押川所員のSU(4)反強磁性状態はそのような研究になり得るであろう。
- 知的な思考や発展に関する国際的な中心の一部であり続ける努力を緩めるべきではない。また、各研究室での個別の研究も怠ってはならない。特に、教育や組織運営業務の負担が比較的少ない理論・計算物理分野の助教は、積極的に海外に行くべきである。
- 優秀な理論家を QMG に採用することを全面的に支持する。採用活動が遅延していることは感じている。QMG が求める要件と理論を同時に実現するためには、どのような候補者が最適か、熟考すべきである。三輪所員の採用により、ナノ構造化された薄膜環境での輸送とトポロジーに見識のある研究者も選択肢の一つとなりうるかもしれない。
- 2025 年度には常次所員が定年退職を迎えるため、早期にこの分野の研究の方向性を検討することを勧める。物性研における強相関電子系研究の伝統や、トランススケール量子科学国際連携研究機構の設立、さらには量子ビット数が増え続ける量子コンピューターの出現などを考慮すると、強相関電子系の研究を量子アルゴリズムの研究へと転換するのも興味深い方向かもしれない。

2.3 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、物性研の主要3研究部門の一つである。現在、教授6名と准教授1名の計7名の所員が主宰する7研究室によって構成され、うち2名は量子物質研究グループ(QMG：三輪所員)と機能物性研究グループ(FMG：吉信所員)との兼務である。これらの部門横断的な研究グループの発足は、DNSの各研究室に大きな影響を与えており、共同セミナーの開催や院生の交流を通じた共同研究の増加につながっている。この5年間、DNSは、個別の研究課題で成果を上げているだけでなく、研究課題間での相乗効果も生み出しており、ナノスケール物性科学全般を統合的に網羅した研究を行っている。この部門は、酸化物薄膜(リップマー研)や磁性薄膜(小森研)等、様々な物質の薄膜作製技術を有している。また、グラフェン等の二次元物質(小森研)の研究や、放射光(小森研)、X線・走査型プローブ(リップマー研)、STM(長谷川研)等の多数の表面評価装置を用いた研究、量子輸送(大谷研、三輪研、勝本研)の研究などを行っている。研究活動の中には、特定の機能を持つ物質設計(リップマー研)や化学/触媒に関連した研究(吉信研)もあれば、量子技術により傾注した研究もある。各研究室では、それぞれの研究手法をさらに発展させ、革新的な研究に活用している。全体として、過去10年間、高インパクトファクターの学術誌に多数の論文が掲載されるなど、非常に目覚ましい成果を上げている。実験装置の面においては、特にナノスケール合成と走査型プローブ技術が強みである。大谷研が外部資金の研究課題最終年度に導入した集束イオンビーム(FIB)装置によって、DNSやQMG等他グループの微細加工能力が大幅に向上している。

部門全体にわたるテーマは、電子的特性、磁気特性、スピン特性、化学的特性の研究である。

- 小森所員は、現在、グラフェンの電子フォノン相互作用や、希土類原子を含まないが大きな磁気異方性を持つ窒素をサーファクタントとして作製した金属薄膜の電子状態・磁気特性に興味を持っている。
- 勝本所員は、量子スピントロニクスの研究を行っており、量子ポイントコンタクト間の輸送におけるスピントラッキングやコンダクタンスゆらぎの研究を行っている。
- 長谷川所員は低温STMの分野で国際的に認められた専門家であり、最近ではSTMを用いた軌道物理やカイラル磁気構造の研究に力を入れている。
- リップマー所員は、例えば、水分解・磁性・トポロジカル特性等の研究に向け、酸化物薄膜の成長・構造化・パターンニング形成などに取り組んでおり、国内外の複数の研究機関との共同研究を進めている。
- 大谷所員(物性研所員と理化学研究所のグループリーダーを兼務)が10年間主導してきたスピン変換に関するナノスピントロニクス研究プログラムは、国際的にも高い評価を受け成功を収めている。その研究テーマとしては、スピン注入、あらゆる種類のホール効果の測定、スピン軌道トルク、スピンポンピング等が挙げられる。最近、大谷所員の研究は、強いマグノン・フォノン結合によるスピン変換にまで広がっている。
- 吉信所員は、よく規定された単結晶表面を使った表面科学や触媒反応の研究を行っており、機能物性研究グループ(FHG)を兼務している。研究内容は、各種走査型プローブを用いた金属・酸化物表面への小分子吸着の研究、分光学的・放射光を用いた手法の研究、準大気圧XPSを用いた触媒反応の研究な

どであり、有機半導体や低次元物質の電子状態に関する研究も進めている。

- 三輪所員は、最近入所した研究者で、磁気異方性、分子磁性に基づくスピントロニクス、スピンドायナミクスを利用した物理リザーバーコンピューティングの研究を行っている。三輪研は、LASOR と共同で SPring-8 でのトンネル分光と X 線磁気円二色性を主に用いた研究を行っている。同研究室は、量子物質研究グループ(QMG)にも所属している。

提言

研究活動の中核となる強みを維持するための取り組みを行っていくべきであり、その際に留意すべき点は以下のとおりである。

- 近い将来、小森所員と勝本所員の2名が退職となり、今後数年間の研究成果に重要な影響を及ぼすと思われる。小森所員は LASOR と密接な関わりがあり、勝本所員はスピントロニクスとナノスケール磁性の研究分野と密接にかかわっている。最近採用した三輪所員の入所によって、これらの研究活動の引継ぎがある程度なされたが、二次元グラフェンや強磁性薄膜方面の研究や類似の関連テーマを継続できる人材の採用を早急に検討することが不可欠である。これらの研究は、表面物質や量子センシング等、新しく提案されている研究方向との整合性が高く、これらのテーマを研究している人材の採用と進めることを推奨する。予算の制約から現在行っている他の優れた研究活動に支障をきたすことのないよう、採用の時期を調整することが不可欠であろう。
- DNS は、物性研・東大・日本国内の様々な合成・特性評価活動を集約し、国際共同研究を推進するため、量子ナノ物質創成ラボ(NQML)をバーチャルラボラトリーの形で設立する計画である。この計画に賛同する一方、NQML の設立によって DNS の個々の研究活動が衰退することがあってはならず、今後も強力な研究活動を推し進めていくことが重要である。
- DNS では、水分解に関する光触媒反応において、金属酸化物界面での電荷移動と電子トラップ・正孔トラップについてのより深い洞察を得ることが期待できる酸化物の育成が行われており、成功を収めている。界面での光触媒・電極触媒に関連する様々な研究活動が部門やグループを超えて連携できるような方法を見つけることは、物性研にとって有益となるであろう。

2.4 機能物性研究グループ (FMG)

FMG は、2015 年の国際外部評価を受けて、複数の研究プロジェクトを統合し、より大きな相乗効果を生み出すことを目指して 2016 年に新設された。FMG は、物性研に 2 つある部門横断的な研究グループの 1 つであり、体系的な理解がまだまだ不足している研究領域の課題に取り組み、産業界や社会全体との連携を深めることを目的としている。この新グループでは、表面や生体システム上の化学反応を含む励起状態と非平衡状態のダイナミクスや性質を研究することに重点を置いている。当初から 3 名の所員（吉信、秋山、杉野）が専任メンバーで、他に 8 名の所員（柴山、小森、森、山室、リップマー、原田、松田、野口）が兼任メンバーとなっており、多くは物性研内の他の研究部門や附属研究施設・センターにも所属している。2018 年 4 月に井上所員がバイオサイエンスとバイオマテリアルを研究する准教授として着任し、それらの非平衡およびダイナミクスに関する研究に従事している。2020 年 1 月には、岡所員が光物理学の理論研究を進める教授として着任し、新たなレーザー物理の推進に向け、レーザー実験を専門とする研究者たちとの共同研究を行っている。全体的に見て、優れた論文が多数発表されており、良いスタートを切っていると言える。

FMG の目的は、物性研内で部門の枠組みを超えた学際的研究を推進していくことにあり、以下の 3 つの主な研究対象を掲げている。いくつかの研究については開始されたばかりで、現在も進行中である。また、物性研の他の部門で行われていた研究プロジェクトが FMG に移行されたものもある。

1. 複雑な生体分子系の非平衡ダイナミクス

FMG は、いまだ解明されていない点が多いタンパク質の機能ダイナミクスのメカニズム解明に取り組んでいる。特に、X 線・中性子による結晶構造解析や低温電子顕微鏡を用いた単粒子解析を行っている構造生物学系の研究室と連携して、タンパク質の三次構造や四次構造の解明とその時間変化の解明を目指している。井上所員は 2018 年に FMG に加わり、高度な分光学的手法を用いた光受容体タンパク質の光反応ダイナミクスに関する重要な実験を主導している。

2. 非平衡状態・動的状態・励起状態の理論とその機能性

FMG の重要なテーマとしては、非平衡状態・動的状態・励起状態の理論とその機能性も挙げられる。これは壮大かつ困難なテーマであることは事実であるが、物性研では、LASOR が THz やレーザー光を用いて精密に制御された非平衡状態を生成し、種々の先端的な分光法を用いて超高速ダイナミクスを評価する極めて優れた能力を有している。このため、物性研内の様々な物質研究を行う研究室とのデバイスベースでの非平衡状態に関する実験に際して、多くの共同研究を行う可能性が広がっている。

3. 表面科学と電極触媒

FMG の主任を務める吉信所員は、数十年前から物質の表面物理と化学の研究に取り組んで成功を収めており、上で述べた THz 励起による化学反応制御の最近の研究に加えて、持続可能なメタノール合成のための Cu-Zn 上での CO₂ 触媒、吸着分子の表面科学、2 次元材料の研究を LASOR と共同で行ってきた。また、杉野所員も、電極触媒反応における原子核の量子効果の重要性について理論的研究を進めている。

提言

FMG は物性研において比較的新しい組織であり、本グループ設立の効果を完全に見極めるには時間を要するであろう。検討すべき提言は以下の通りである。

- 前回の外部評価での本来の提案は、複数の研究グループを横串のようにつなぐ新しい組織として FMG を設立し、物性研内の他部門・施設・センターを兼任するが FMG を主たる所属とする所員を数名採用すべきである、と解釈できるものであるが、現在の FMG は、数名の専任メンバーが FMG に所属し、他の研究部門や施設・センターと並列に位置する独立した研究部門のように見える。物性研は、FMG の位置づけや他の組織との違いを明確化する必要がある。FMG が物性研内での独自の役割を明確に定義するために時間をかけることが重要であり、この点に関しては、次回の外部評価の際に再度取り上げるべきである。
- 岡所員の着任によって、非平衡量子物質、特にフロッケ・エンジニアリングの研究を充実させる上での重要な新メンバーが物性研に加わった。問題は、主所属を FMG に選択した点である。FMG での研究には、化学や生物物理の領域での物質を中心に行われているものが多いが、岡所員の研究は、FMG の研究よりも凝縮系 (DCMS) や量子物質 (QM) との関連性が高いのではないかとと思われる。特に、最も重要な共同研究は LASOR の松永研とのものであり、FMG 内のものではない。FMG において量子物質関連でもう一名所員を別途採用し、この分野の強化を計ることを検討してみてもよいのではないだろうか。また、井上所員を中心として非平衡バイオシステム研究をさらに展開する計画がありその成果が期待されているが、量子物質とは分野的に離れており、FMG 内での結びつきをさらに確立していくことが重要である。
- 表面反応や光触媒・電極触媒の分野での研究も進められている。類似するテーマについて吉信研と杉野研とが部分的にでも共同研究を行い、より多くの相乗効果を生み出すことができれば有利となる可能性がある。ギ酸吸着等の Cu-Zn での表面反応については、計算科学的なアプローチによってより多くの知見が得られる可能性がある。同様に、白金表面での水素核の量子効果についても、これが電極触媒に重要であれば、分光実験によってさらに多くの証拠が見出される可能性がある。
- FMG は LASOR との交流が活発である。仙台での新施設、特に in-situ 分光やオペランド分光測定稼働が始まれば、この連携がさらに強化される機会になるとと思われる。

2.5 量子物質研究グループ(QMG)

量子物質研究グループ(QMG)は、2つの部門横断的な研究グループのうちの1つであり、3つのコア研究室(押川所員、中辻所員、三輪所員)、凝縮系物性研究部門(DCMS)の3研究室(瀧川所員、榊原所員、山下所員)、ナノスケール物性研究部門(DNS)の1研究室(大谷所員)、物質設計評価(MDCL)の1研究室(廣井所員)、極限コヒーレント光科学研究センター(LASOR)の3研究室(近藤所員、松永所員、岡崎所員)によって構成されている。すべてのQMGメンバーは、中辻所員が機構長を務めるトランススケール量子科学国際連携研究機構(TQSI)にも所属している。

研究面においてQMGは傑出している。メンバーは、世界的にも評価・認識されている優れた論文を発表しており、高インパクトファクターの学術誌に掲載された論文もある。例えば、中辻所員らによるトポロジカルなワイル反強磁性体 Mn_3Sn における異常ホール効果(AHE)の発見や、大谷所員らによるこれらの系における磁気スピンホール効果の解明などが Nature 誌に掲載されている。前者は2016年以降350回以上(出所: Web of Sci., 2020年12月)引用され、世界中の Mn_3X 物質の研究の出発点となっており、後者は昨年だけでも40回以上引用されている。

現在の研究および今後の研究計画は、(1)新たな量子物質の開発、(2)輸送特性評価の先進的技術の開発、(3)新たな機能性開発となっており、非常に明確で優れたものである。新規量子物質のバルク(中辻研、廣井研)や高品質の薄膜(三輪研)の合成に強みを持ち、あらゆる種類のホール効果やスピン軌道トルク(山下研、三輪研、大谷研)等、広範にわたる新奇な輸送物性の測定に精通しており、また、超高エネルギー分解能ARPESや超高速時間分解ARPES(近藤研、岡崎研)、テラヘルツパルスレーザー分光(松永研)などの先進的な光電子分光技術を駆使し、電子状態やその応答を含めた電子物性の研究を行うことが可能である。強電子相関系・トポロジー・スピン軌道相互作用・スピントロニクスに特に重点が置かれている。押川研では、強相関電子系とトポロジーの界面での理論的概念を研究している。

三輪所員の着任によって、QMGには非常に重要な戦略的要素が新たにもたらされており、同所員を採用したことは見事な判断であった。三輪所員は、基礎研究の分野において、薄膜の世界に機能性やデバイス応用の側面を融合させており、そのことにより、薄膜成長やトポロジー的な特性の解析と、ナノ加工や輸送物性機能とが効果的に組み合わせられている。このように、QMGに新たな研究能力が備わった。

提言

- 実験系研究室の陣容や成果を踏まえると、ナノ構造における輸送およびトポロジーを組み合わせた研究を行う理論系の研究室がさらに1つ追加されることが望ましいと思われる。
- 瀧川所員と榊原所員は、2020年度末に定年退職となりQMGを離れる。そのため、QMGの戦略的観点から、これら2名の後任と1名の理論系所員を採用することが喫緊の課題である(1点目の提言を参照のこと)。

2.6 物質設計評価施設 (MDCL)

物質設計評価施設 (MDCL)は、(1) 物質合成評価部 (MSCD)と (2) 物質設計部 (MDD)の2部門で構成されている。

物質合成評価部 (MSCD)

MSCDは、物質合成室 (MSCS)と高圧合成室 (HPSS)を運営している。MSCSの物質合成、化学分析、電磁計測、分光測定の実験設備は、日本中の共同利用研究者に供されており、毎年約100件の共同研究課題を支援している。MSCSの活動は、メソポーラスシリカ上に金属イオンを含む新規なイオン液体触媒や、 $\text{Pr}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ の単結晶成長などの最近の成果に見られるように成功を収めている。

MSCDは、廣井所員・上床所員の2名のコアメンバーで構成されている。廣井所員は量子物質研究グループ (QMG)も兼務している。

物性物理や化学の発展にとって、顕著な物理的・化学的特性を持つ新物質の発見は重要である。MSCDは、1996年に上田所員によって設立されて以来、物質開発の中核拠点として活躍してきた。MSCDは、QMGとの共同研究により、これまでに数多くの新規物質を開発してきた。過去5年間の特筆すべき例としては、廣井所員らが発見したスピン軌道結合金属 $\text{Cd}_2\text{Re}_2\text{O}_7$ 、中辻所員らが発見したトポロジカルなワイル反強磁性体 Mn_3Sn などが挙げられる。他にも、 $s=1/2$ カゴメネットワークを持つCd-カペラサイト、目に見える「軌道」状態を持つオキシクロライド $\text{Ca}_3\text{ReO}_5\text{Cl}_2$ 、多極子近藤効果物質 $\text{PrV}_2\text{Al}_{20}$ など、注目すべき性質を持つ材料が発見されている。新規物質の発見により、共同研究が一層促進されている。例えば、IMGSLとの共同研究により、量子スピンのネマティック相がボルボサイトで発見されている。

高圧は、固体の驚くべき性質を生み出す有望な手法である。したがって、2016年に高圧測定に取り組んでいる上床所員をMSCDのメンバーとしたのは、良い判断である。上床所員らは2014年にCrAsの圧力誘起超伝導を発見し、最近では二重らせん磁気秩序の量子臨界性を観測している。

提言

- 前回2015年の外部評価でも強調したように、共通施設の機能・性能は、新物質の研究にとって決定的な重要性を持っている。過去5年間、新しい施設がいくつか設置されている一方で、20年前に物性研が柏キャンパスに移転して以来ずっと使用している施設もある。今後も新物質に関する優れた研究を継続していくためには、設備を継続的に更新していくことを強く推奨する。上田所員は物性研における卓越した新物質研究の代表であった。その後任には、優秀な若手研究者を採用すべきである。

物質設計部 (MDD)

MDDは、物性研スーパーコンピューターセンター (SCC)を運営している。SCCには、年間約300件の共同利用の申請があり、全国の90名の審査員によって審査され、約900名が利用を行っている。単一の装置としては物性研の中でおそらく最も高価な装置であり、日本の計算物性物理学の研究活動の中核を担っている。7ペタフロップのような装置を、これだけの少人数で運用しているのは驚嘆に値するが、スタッフのキャパシティは限界にきているように思う。

MDDは、川島所員・尾崎所員・野口所員の3名がコアメンバーであり、機能材料グループ (FMG) の杉野所員もMDDを兼任している。3人のコアメンバーは全体として、量子物理学と統計物理学をカバーし、凝縮系研究の重要な3つの領域を網羅している。

川島研は、量子統計モデルを用いた大規模計算による多体量子物理学の研究を行っている。また、キタエフモデルをはじめとするトポロジカル量子状態にも広く応用できるツールとしてテンソルネットワーク法の数値計算にも着手し、 α - RuCl_3 などのキタエフ化合物にも応用している。これらはすべて、QMGやDNSとの関連性が高い。

尾崎研は、DFT量子モデルを用いて数千原子までの規模での量子物質の評価を行っている。尾崎所員は、世界で最も成功を収めている日本発オープンソースDFTソフトウェアであるOpenMXの創始者であり中心的な開発者である。尾崎研はこのコードの機能性と適用性の拡張に向けて継続的に取り組んでおり、世界中の関連コミュニティに貢献している。尾崎研は、物性研の様々な研究室との関連性の高い2次元物質について、物性研内外の様々な研究者との共同研究を行っている。

野口研は、大規模な粗視化分子動力学シミュレーションや離散化ナビエ・ストークス方程式などの粗視化シミュレーションを用いて、ポリマー・ソフトマター・生体システム (高分子、生体膜) などのメソスケール・マクロスケールの研究を行っており、これには、多相流などの複雑な液体や流体のダイナミクスも含まれる。また、いくつかの理論的手法を開発し、応用に関連したポリマーの研究にも取り組んでいる。

物性研スーパーコンピューターセンター (SCC) では、2020年秋から、ハイブリッドアーキテクチャを採用した最先端の7.7ペタフロップ超並列計算機を運用しており、凝縮系における幅広い分野の課題を解くことができるようになった。これは、スーパーコンピュータが凝縮系物性やQCD、あるいは乱流工学の目的に設計されているかによって違いが出てくる。計算機は2倍の容量に更新されている、あるいは、今後更新される予定である。スーパーコンピュータのアーキテクチャの概要や今後の展開は、凝縮系物性コミュニティの要望に沿ったものである。

MDDのソフトウェア開発・高度化プロジェクト (PASUMS) は、物性研のシステム上で動作する効率的で簡便なソフトウェアを提供することにより、物性研スーパーコンピュータ本体の性能向上を目指したプロジェクトであり、この取り組みを非常に高く評価する。高性能コンピューティングの実務にかかわる者であれば、ますます複雑化するコンピュータアーキテクチャにコードを書く作業は恒久的に増えていくことを知っており、専門家のサポートが不可欠である。

将来の豊かさを担う貴重な資源としてデータの重要性は国際的に認識されており、この認識はますます高まっている。この対応として、MDDでは、貴重な計算データの共有に必要な凝縮系物性関連のデータに特化したデータリポジトリを整備する予定である。この新たなインフラ整備の促進に向け、追加の人員が必要である。

提言

- 評価委員会は、データリポジトリの整備に関する MDD の取り組みを大いに支持する。物性研は、この計画を推進すべきであり、代替案は考えられない。
- 評価委員会は、マテリアルインフォマティクスの重要性について物性研と同意見であり、物性研がこの分野での所員（たとえば准教授）1名を採用するよう推奨する。例えば、データリポジトリの整備との関連での採用も可能ではないだろうか。このテーマの専門家を採用しない限り、物性研はこのテーマを積極的に探究している組織とみなされないであろう、と我々は考える。福島所員を MDD 所属にすることについて検討する価値があるのではないだろうか。
- スーパーコンピュータ・システム C の更新：様々なベンダーによる高エネルギー効率ブースターや GPU の重要性が高まってきていると同時に、このアーキテクチャに特化して新しいアルゴリズム（テンソルフローアルゴリズムなど）が普及してきている。評価委員会は、システム C の更新の際にこの技術について検討することを推奨する。また、このようなアーキテクチャの活用法、また、アルゴリズム最適化のための PASUMS(ソフトウェア開発・高度化プロジェクト)ソフトウェアの利用方法を、ユーザーコミュニティに対して徐々に教育していくことを推奨する。
- 現在、スパコンは国内ユーザーを対象としているが、評価委員会は、海外からの利用について検討することを推奨する。これにより、(1)物性研を世界に宣伝することができる、(2)国際的な観点からコンピュータの応用について検討できる、(3)シンガポール、ベトナム、フィリピン、インドネシアなどの近隣諸国にいる日本で教育を受けた人達は現在スーパーコンピューティングにアクセスできないが、凝縮系物性向けスーパーコンピューティングのアジアにおけるハブを構築することで、(近隣)各国の研究者に高性能計算に関する教育を行うことができる、(4)日本を中心とする、高性能計算機を利用する凝縮系研究者の国際的なコミュニティが形成される、といったメリットが物性研にもたらされると考えられる。
- OpenMX は、国際的に利用・認知されている数少ない日本発 DFT コードの一つであり、日本で継続的にバージョンアップが行われている。MDD の国際化を進めるにあたり、例えば、まずは技術職員1名がメンバーとなるコード化に関連する専門チームの設立を検討し、OpenMX を物質設計のための統合計算システムへと転換するなど、OpenMX コード開発の国際的競争力維持に努めるよう推奨する。

2.7 中性子科学研究施設 (NSL)

中性子散乱を使うことにより、物質の構造やダイナミクスに関し、他の方法では得ることが難しい、あるいは不可能ですらある情報を得ることができる。中性子科学研究施設 (NSL) は、共同利用の推進や国際共同研究の発展を通じて物質・物性の先端的研究を推進するという物性研の目標の中心に位置している。こうした目標に向け、NSL は科学コミュニティ向けサービスや研究を意欲的に推進している。研究あるいはサービスのどちらかに秀でている組織は世界に多数あるが、NSL はその両方に卓越している世界でも数少ない組織の一つである。

NSL は、山室所員・益田所員・中島所員の各研究室と、退職した柴山所員の後任として最近入所した真弓所員のソフトマター系の研究室によって構成されている。この後任補充は、NSL の将来にとって非常に重要なものであったが、その理由として、柴山所員がソフトマターの特性に関する重要な指針を得るために中性子散乱を利用することにおいては国際的に知られた専門家であるという点だけでなく、ソフトマターは、物性研で長年行われてきた広範な中性子研究の重要な要素である点も挙げられる。これら4研究室の過去5年間の研究成果は素晴らしいものである。山室研は、ガラス転移における緩和現象など、複雑凝縮系の化学物理を研究している。例えば、最近では、ガラス状の四塩化炭素の低エネルギー励起を研究し、ガラス転移の新たな知見を得ている。益田所員は、強相関電子系物質における新しい量子現象の発見を探求しており、最近、フラストレート反強磁性体の圧力誘起量子臨界点付近での新しい励起を発見した。2019年にNSLに加わった中島所員は、ブリージングカゴメ格子上の磁気スキルミオン格子を観測した。

NSL は優れた研究成果を出しているだけでなく、日本の中性子実験設備の開発・運用によって日本の科学コミュニティに貢献している。これらの設備の東海村のJRR-3に設置されている。残念ながら、2011年の東日本大震災以降、この原子炉は運転されておらず、必要不可欠な中性子散乱設備を日本の研究者が利用できる機会が大幅に減少している。NSL は、研究者が海外の施設で実験できるよう経済的な支援を行っている。採択率は5件につき1件であるが、これまで400人の研究者を支援し、100本以上の論文発表につながっている。また物性研は、オーストラリア国立中性子散乱実験センター (ANSTO) と協定を結び、これによって、日本の研究者が利用できる中性子装置が確保された。さらに重要なのは、NSL が JRR-3 の長期運転停止を機に JRR-3 の中性子施設をアップグレードしたことである。特に、新しいスーパーミラー偏光板の設置や古いガイドを最新のスーパーミラーガイドに交換するなど、中性子光学系の改善が図られている。JRR-3 の長期運転停止による深刻な影響を最小限に抑えるための NSL の努力を評価委員会は高く評価する。

NSL は JRR-3 での実験装置を中心に研究を行っているが、他の施設での装置開発にも参加している。NSL は、KEK と共同で J-PARC に HRC 装置を開発したが、これは世界最高水準の装置である。NSL は、日米協力事業中性子散乱の日本側の調整業務も担当している。本事業で、現在、冷中性子3軸分光器の運営がオークリッジ国立研究所 (ORNL) 高フラックス同位体原子炉 (HFIR) の中性子ガイドホールで行われている。

提言

- JRR-3 が 2021 年 2 月に再稼働する予定であることは喜ばしい。再稼働は、物性研および日本の研究にとって非常に重要である。したがって、中性子散乱装置の利用が大いに必要とされている中、日本の研究者がこれらの装置をできるだけ早く再利用できるように、NSL は JRR-3 の装置の再稼働を優先させることが不可欠である。また、JRR-3 を共同利用施設として安定的に稼働させるための十分な資源を投入する努力をすべきと考える。
- 評価委員会は、NSL がこれまでの長年にわたる装置開発への取り組みを今後も維持し、可能であれば拡充するよう求める。今回説明があった装置のアップグレード（高機能の集束アナライザーシステムを備えた冷中性子 3 軸分光器と中性子スピンエコー分光器のアップグレードを含む）は、物性研の強みである定常中性子源を生かすものである。また、装置開発への重点的な取り組みには、優れた中性子散乱能力を国内に提供してきただけでなく、中性子実験装置の設計・建設・操作にきわめて精通した研究者を多数輩出してきたことに我々は注目している。このような人材育成の仕組みがなければ、現在日本の研究者が利用している素晴らしい装置を MFL に迅速に設置することは非常に難しかったであろう。
- NSL は、J-PARC にある HRC の高角検出器の対応範囲を完璧にする計画であり、評価委員会はこの計画に賛同する。すでに高い性能を有するこの装置の性能をさらに向上させる上で、この計画は非常に費用対効果に優れた方法である。また評価委員会は、HFIR での CTAX の MANTA へのアップグレード計画も支持するが、日本の研究者は、このアップグレードに際して、同事業への日本の貢献に見合った研究成果を得るべきである点を強調しておく。また、NSL は HFIR で提案されているものに非常に近い性能を有する冷中性子 3 軸分光器を JRR-3 に開発する可能性があることにも注目している。
- 中性子散乱は産業界での研究において、非常に有用な装置である。評価委員会は、LASOR が設立した TACMI コンソーシアムに感銘を受けた。NSL は、産業界との連携を拡充に努め、J-PARC の MLF との連携等による中性子散乱の産学コンソーシアムの設置についても模索すべきである。

2.8 国際超強磁場科学研究施設 (IMGSL)

2006年に施設として設立された IMGSL は、現在世界最高レベルの磁場を発生させるパルスマグネット装置を有し、共同研究利用者に提供している。2018年、IMGSL は、屋内環境での世界最高磁場 1200T を達成したが、これは嶽山所員と松田所員の独創的な創意工夫により実現したものであり、嶽山所員は、その優れた業績が認められて A. I. パブロフスキー賞を受賞している。IMGSL は、こうした電磁濃縮技術を持つ世界で唯一の研究施設であり、このような強磁場を利用者の実験に提供することが可能となっている。また、100~300T レベルの磁場も利用可能で、実験中に破壊されるのはコイルのみで試料や実験装置全体は破壊されないという利点がある。75T までの磁場を発生する非破壊型パルスマグネットも、素晴らしい実験技術群とともに共同利用者に供されている。金道所員・徳永所員・小濱所員の功績により、こうした極限環境での実験が可能となっている。また、注目値する熱力学研究を可能にしているフラットトップのロングパルス磁石は、特筆すべき資産といえる。

2019年に嶽山所員が定年退職したが、すでに2017年に小濱所員を登用して後任補充が行われている。これは、前回の外部評価での提言に完全に沿ったものであり、最高磁場の実現だけでなく、パルス強磁場における高感度な実験技術の開発にも重点を置いている。さらに、大阪のパルス強磁場施設との共同研究プログラムも開始しており、東北大学の静磁場施設との共同利用プログラムも計画されている。IMGSL は、日本国内にとどまらず、世界各国の強磁場研究施設とも強力な連携体制を構築している。パルス磁場と光子・中性子源を組み合わせる計画も進行中である。こうした成果を少人数の研究スタッフや技術支援スタッフによって実現した点は特筆に値する。

世界をリードするパルス磁場の開発と精力的なユーザーサポートに加えて、IMGSL の各研究室は自分たちの凝縮系のトップレベルの研究にも非常に積極的に取り組んでいる。特に印象的なのは、過去5年間に、徳永所員が自身の卓越した研究能力を発揮し重要な貢献をした被引用数の高い論文が多数発表されていることである。他にも、最近の重要な研究成果には、松田研と嶽山研による強相関物質 $V_{1-x}W_xO_2$ の 500T 領域での電界誘起絶縁体金属転移の観測などがある。さらに、徳永研と金道研は、超量子極限でのビスマスの研究を行い、異常量子状態を示唆する特異な物性を明らかにした。また、徳永所員は、パルス磁場中での高感度偏光・磁歪測定を用いて、有名なマルチフェロイック物質 $BiFeO_3$ の交差相関効果を明らかにした。小濱所員は、金道研、廣井研と共同で、磁氣的にフラストレートした物質であるボルボサイトの量子スピンネマチック相を観測した。これは、小濱所員がパルス磁場における比熱・磁気熱量効果の測定技術を確立したことにより可能となったものである。

提言

- 評価委員会は、最高 1200T のパルス磁場達成という偉業を称賛する。評価委員会は、この装置に対し、あるいはその他のパルス磁場装置に対しても同様に、既存の実験技術を向上させ、新規の実験技術を開発することを推奨する。それにより、共同利用者や物性研スタッフが、世界でも類を見ないパルス磁場実験装置を利用した独自の研究を行うことができるようになるであろう。

- IMGSL が「強磁場コラボラトリー計画」の中で、東北大学や大阪大学の強磁場施設との連携を継続し、強化していくことを推奨する。この取り組みにおいて、物性研は、日本の強磁場研究の強化に向けての主導的な役割を果たせるであろう。こうした国内での連携にとどまらず、世界中の利用者コミュニティにも門戸を開くことについても検討すべきである。
- 評価委員会は、旧式のフライホイール付モーター発電機を最新のエネルギー供給設備（スーパーキャパシタ型の電力供給設備を想定）に取り換えることを推奨する。小型コンデンサバンクを用いた初期テストは成功しており、より大型の電源に向けて比較的抑えた投資で実現できることを推奨する。この新しい技術が開発されれば、パルス磁場利用者全体に利益をもたらすであろう。
- 中性子施設（J-PARC）で 20-30T の磁石を設置するなど、パルス磁場磁石と他の装置とを組み合わせることは、研究の新たな分野を切り開くものであり、大きな可能性があると思われる。

2.9 計算物質科学研究センター(CCMS)

CCMSは、2011年の設立以来、大規模並列計算機を用いた計算機支援物質科学研究の中核拠点として活動してきた。CCMSは「富岳」スーパーコンピュータの重点課題7：CDMSI（「次世代の産業を支える新機能デバイス・高性能材料の創成」）の本部となっており、常行教授はCDMSIの代表を務めている。本重点課題のメンバーには、尾崎教授、杉野所員、藤堂所員、福島所員が選ばれている。CCMSの運営は主に外部資金によるものである。

計算科学分野の研究者にとって、CCMSは国際的な知名度や注目度も高く、研究活動にもインパクトがあり、2011年以来、その役割を最大限に活用してきている。物性研内での位置付けは極めて良好である。(i)DCMTでの基礎研究との連携がある。(ii)プレ・エクサスケールコンピュータ「富岳」で必要なアルゴリズムの開発に取り組んでおり、これを通じ、物性科学でのグランドチャレンジに対する研究への活用や応用に貢献している。(iii) データ統合型材料物性研究部門を新設し、物質設計や物質発見に向けたマテリアルインフォマティクスと機械学習を網羅している。(iv) 元素戦略プログラムや高性能永久磁石など国が推進する社会・産業プロジェクトの枠組みの中で、これらの手法を適用している。(v) 実験家との連携や彼らへの協力ができる一方で、新しい手法の開発を促す科学的課題に触れることができる。(vi) 高水準の科学コミュニティソフトウェア(OpenMX, AkaiKKR DFT, mVMC, Hphi, ALMODE)の開発と公開に力を入れている。(vii) 若手研究者や実験家、物性研究者向けに、これらの複雑なソフトウェアに関する教育・訓練活動を定期的実施する一方、彼らからの意見をもとに複雑なツールをユーザーフレンドリーなものへと書き換えている。CCMSは、「計算物質科学人材育成コンソーシアム(PCoMS)」や「ソフトウェア開発・高度化プロジェクト(PASUMS)」をはじめとする人材育成活動のハブとしての役割を果たしている。(viii) CCMSは、材料科学シミュレーションソフトウェアの情報を収集するポータルサイト「MateriApps」を2013年から開発・運営しており、積極的に活動している。また、「MaterialAppsLIVE!」というLinux環境も提供している。これらの活動は、世界中の理論研究者・実験研究者にとって役立つものである。CCMSの成功は、物性研研究部門・附属施設・センター・部門横断型研究グループを主宰する複数の所員（尾崎所員（CCMSセンター長）川島所員、野口所員、杉野所員）、データ統合型材料科学部門の福島所員、赤井研究室のリーダーシップの賜物であり、また、所外からも東京大学大学院理学系研究科物理学専攻の常行教授、藤堂教授がCCMSを兼務し、それぞれの専門性を活かしてCCMSの成功に貢献している。

2011年に策定された10年計画は、それぞれ2021年あるいは2022年に終了を迎える。次の5年間の将来計画は非常に明確であり、評価委員会はこれを全面的に支持する。その内容として、以下が含まれる。

- 1) 富岳スパコンプロジェクト。富岳スーパーコンピュータの重点課題として、(i)先端永久磁石材料、(ii)二次電池材料が選定されている。
- 2) 人材開発：MP-CoMS。
- 3) 計算科学フォーラムの設置を通じた研究分野推進活動

提言

- CCMS の活動範囲が、高スループット・高性能コンピューティングの応用手法の開発から、データを駆使した物質設計、教育・研究分野推進活動に至るまで広範囲にわたることを鑑み、評価委員会は、CCMS と DDIMS の財源を現在の上限以上に増加・拡大できるよう、関係者と協議することを強く推奨する。

2.10 極限コヒーレント光科学研究センター(LASOR)

LASOR はこの5年間で成功を収めていることは紛れもなく、光科学分野における最先端の研究機関の一つとして世界的にも注目を集めている。レーザーとX線の両方の設備を1つのセンターに集約するという取り組みは、米国のSLAC/スタンフォード大学やドイツのDESY/ハンブルグ大学/マックス・プランク研究所などの有名な研究施設が追随している。LASOR は高繰り返し高出力レーザー、高次高調波(HHG)光源、アト秒科学、THz 励起、軟X線分光、超高エネルギー分解能・時間分解光電子分光などの分野を先導している。LASOR が最先端の光源と分光法の開発に力を入れてきたことは特筆すべきである。前回の2015年外部評価後に人事異動があり、3名の所員が退職し、新たに若手の所員が数名着任している。定年退職した末元所員は豊田理研に異動し、辛所員は東京大学の特別教授となった。准教授の和達所員は物性研での研究を終えて、兵庫県立大学の教授として採用された。一方、准教授の小林所員と原田所員が教授に昇格し、准教授として松永所員、井上所員、木村所員の3名が新たにLASORに着任した。これらの人事異動が円滑に行われたことで、新たな研究分野の取り入れも問題なく行われた。LASOR のミッションは、(1) 極限レーザー科学、(2) 軌道放射物性研究、(3) 先端分光研究の3つに分類される。LASOR は、超高速分光、超精密度分光、オペランド分光の開発や探索を進めることで、分野横断的な研究を実施してきた。このような戦略は、物性研内や他の研究機関との多くの共同研究を誘発しており、この5年間、LASOR は目覚ましい成果を上げてきた。

極限レーザー科学グループは、最先端のレーザーシステムを開発し、これを様々な光と物質の相互作用の実験に応用している。LASOR はレーザー技術の研究開発を行う国内最大級のグループであり、2種類の光源に重点的に取り組んでいる。1つは、7eV から60eV の範囲の高次高調波発生(HHG)方式を用いたコヒーレント短波長光源で、これまでに時間分解光電子分光への応用に成功している。この最初の成功や、HHG の光子エネルギーの範囲を500eV まで拡大する将来計画は、非常に興味深いものであり、バークレーやコロラドでの研究の方向性とも歩調が合っている。高分解能光電子分光に用いられる光子エネルギーを高めることでk空間を完全に網羅することが可能になる。これは量子物質におけるバンド構造決定において重要な意味を持つ。もう一つは、レーザー加工などの産業技術向けの高強度レーザー光源である。可変パルス持続時間で平均出力100W のフェムト秒レーザーがLASOR で利用できるようになり、民間企業との共同研究をはじめ様々な共同研究に供することが可能である。このような共同研究は極めて重要な社会貢献活動であり、近い将来、物性研の財政問題を解決するための基盤となり得るだろう。

また、スピンドYNAMIXSのためのテラヘルツ磁場分光や半導体レーザーやナノ構造フォトニクスデバイスの定量的な顕微分光などの新しいレーザー分光法も開発されている。新任の准教授である松永所員はこの分野で既に成果を挙げている。ポンプ光として高強度テラヘルツや中赤外パルスを用いて物質を励起しその後の変化をプローブする手法は、光科学分野では物質を調べる手法として注目を集めるトピックスとなっている。

軌道放射物性研究施設では、主にSPring-8のBL07LSU(クロス型アンジュレータ)を光源として用いる共同研究を支援するとともに、オペランド光電子分光や超高分解能軟X線発光などの世界最先端の分光器の開発を行っている。BL07LSUの成果は非常に興味深いものであり、高分解能RIXSにおいては先導的役割を担って

いる。全体として LASOR 軌道放射物性研究施設の 5 年間の成功を高く評価する。また、同施設では X 線自由電子レーザー (XFEL) をはじめとする先端レーザー実験システムの推進にも注力している。SACLA で開発された共鳴磁気光学カー効果や非線形光学効果の元素特定 XFEL 分光装置が共同利用に供されている。柏キャンパスでは超高分解能スピン分解光電子分光装置が共同利用に供されている。

先端分光グループは、軟 X 線領域におけるレーザーベースの光源の開発に注力している。画期的な開発の一つとして、光電子分光に使用されるサブ meV 分解能の 7eV のレーザー光源がある。過去 5 年の間に、Yb ファイバーレーザー技術の支援を受けて、利用可能な光子のエネルギーを 11eV まで引き上げている。最も重要なことは、高いエネルギー光子 (11eV) を導入することによって、7eV レーザーでは出来なかった物質のブリルアンゾーン全体へのアクセスが可能になったことである。これらのレーザーを用いて、レーザーベースのスピン分解 ARPES システムを開発している。今後の方向として、60eV 領域での光電子分光のための高調波発生装置の利用を開始している。最先端のレーザーを用いた生物分光も LASOR の新しい方向である。これにより、物性研の新しい研究領域である生体材料、生体システム、機能性材料などの複雑系材料の非平衡・励起状態の物理学への貢献が期待されている。井上所員は、この分野でバイオフォトニクスの研究を開始している。

提言

現在、LASOR の活動は順調に行われている。LASOR の使命を追求し、物質科学コミュニティを先導していくために、LASOR の強化に向けたあらゆる努力が払われている。世界の主要な研究機関として軟 X 線分光分野のトップクラスに立ち続けるためには、カウンtrateや分解能とナノフォーカシングの両方を向上させるために、放射光 (SR) 施設のアップグレードが不可欠である。したがって、仙台の次世代放射光施設における物性研の放射光ステーションへの投資は、本報告書で述べているように、極めて重要である。以下、いくつか提言したい。

- 辛所員の退任後も、レーザー ARPES に関する研究活動は非常に高いレベルを維持している。しかしながら、世界に目を向けると、多くの研究者が時間角度分解 ARPES および高分解能 ARPES においても同様の研究活動を開始している。この研究レベルを高度に維持しつつ、さらなる拡大を目指すには、今後 5～6 年の LASOR におけるレーザー光電子分光についての戦略立案が望ましい。
- 小森所員が 2021 年 3 月に定年退職を迎えることに関して慎重に検討する必要がある。小森所員の後任として、LASOR 関連を研究するトップレベルの研究者を早急に採用すべきである。STM や AFM を用いたナノスケールの分光は、LASOR でも最も重要で新しい分野の一つである。
- LASOR は、大学においてレーザー技術の研究開発を行う日本最大級のグループである。若い学生にレーザー技術にもっと触れてもらうためには、学生の募集に一層力を入れるべきである。
- 現在、LASOR に欠けている分野が一つあり、それは軟 X 線レーザー科学である。この研究は、レーザー科学と放射光の橋渡しをするものである。LASOR では、レーザーと軟 X 線分光の両方の研究が充実しており、これら 2 つの分野をもっと組み合わせた研究プログラムを構築することが自然であろうと考

える。

- LASOR では、超高速分光、超精密分光、オペランド分光を研究しているが、その中において超精密分光についての研究は比較的弱いと言える。もちろん、高分解能 ARPES がこの方向性に沿った研究であったことは明白であるが、光コム、冷却原子、イオントラップ技術など、LASOR としてこれらの研究分野を推進していくべきか、再検討するのが良いだろう。

**Review of
The Institute of Solid State Physics,
The University of Tokyo**

January 2021

Committee Members

Setsuko Tajima (chair)	Osaka University
Stefan Blügel	Forschungszentrum Jülich
Dan A. Neumann	National Institute of Standards and Technology
Anders Nilsson	Stockholm University
Minoru Nohara	Okayama University
Koichiro Tanaka	Kyoto University
Joachim Wosnitza	Dresden High Magnetic Field Laboratory, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf

1. ISSP as a Research Institute

1.1 Research

Cutting-edge scientific research is the most important mission of ISSP. From the viewpoint of published papers, ISSP is very productive. In spite of the gradual reduction of academic positions, the total number of published papers is kept almost constant, which means that each researcher publishes more papers. About 10% of the published papers are ranked within the top 10% by citations. These data indicate that the research activity is qualitatively and quantitatively at the top level in the world.

After the external review in 2015, ISSP created two trans-divisional research groups; Functional Material Group (FMG) and Quantum Material Group (QMG) with some core members. Such a strategic effort to promote internal collaborations has produced fruitful results. Although one of the core members in QMG (Prof. Nakatsuji) has moved to the Dept. of Physics at Hongo campus, it is necessary to make clear collaborative projects in QMG.

One of the strong points of ISSP is that world-class research facilities are available. It is hopeful news that the JRR-3 neutron reactor will restart in February 2021 after a long shut-down period. Both the JRR-3 and the J-PARC pulse neutron facility will play a key role in the researches of ISSP, for example, in hydrogen-related science. The high magnetic field facilities have been also continuously evolved. Besides the successful generation of 1200T, which is the world record of indoor high magnetic field, various types of non-destructive high magnetic fields with different durations are provided to domestic and international users. The Center for Computational Materials Science has been acting as the headquarters of a couple of research projects related to “Fugaku”, the flagship supercomputer in Japan. Thanks to this advantageous position, theorists in DCMT, FMG, QMG and MDCL are expected to explore new research areas of condensed matter physics and material science. The achievement of the LASOR group is outstanding. They have developed advanced spectroscopies with the combination of laser and synchrotron radiation, which have brought many fruitful scientific results. This is one of the good examples of intra-institute collaboration. The strategic assignment of faculty members to LASOR is reasonable and appropriate.

In addition to large scale facilities, small scale experimental techniques have been also improved, depending on each research subject. While the techniques related to nano-scale and surface science have been strengthened, it is also desirable to fund in well balance keeping and improving the conventional techniques. The future plans of establishing the Nanoscale Quantum Materials Laboratory and Materials Data Commons are well evaluated. Here ISSP should play a leading role.

Recommendations:

- The evaluation committee strongly supports the present strategy to strengthen internal collaborations, and recommends to further proceed in this direction.

- Recruitment of excellent faculty members is the most important issue for ISSP to continue as a world leading institute.

1.2 Joint usage/research

One of the missions of ISSP since its establishment in 1957 is to develop academic research by encouraging joint usage/research among a wide range of researchers through the sharing of excellent research resources. After the national universities in Japan were transformed into corporations, this mission and the joint-usage program was reaffirmed by MEXT in 2010.

Twice per year, Japanese researchers can submit proposals for joint-research projects. Accordingly, the Advisory Committee for Joint Research meets twice per year, screens the proposals, and selects projects and workshops according to the available budget for the joint-usage/research programs. The Advisory Committee consists of an approximate equal number of internal and external members. Besides the joint-research proposals, ISSP financially supports young scientists across Japan, including graduate students, to conduct research over extended periods. As an important asset, a guesthouse is available on the Kashiwa campus that can host about 30 guest researchers.

Over the last 6 years, there were an approximately constant number of granted proposals (about 1,000/year) and users (about 1,400/year). The number of workshops and participants declined somewhat in recent years. These workshops play an important role for the Japanese condensed-matter community.

Recommendation:

- Keep the present status and continue to be a center for joint usage/research of condensed matter science in Japan, which becomes more and more important for many universities where the research budget is decreasing.

1.3 Education

Recruitment and selection of faculty members:

The recruitment and selection procedures for faculty members are of international standard. Concerning the promotion of Associate Professors, two options are possible, an internal promotion and an external promotion. The ratio of internal vs. external promotions should be pragmatic in order to ensure the well-being of ISSP. Continuation of a successful group that is in the center of the research strategy and policy of ISSP should be balanced against new faculty that can direct ISSP in a new direction. Also, the recruiting of Full-Professors vs Associate Professors should be discussed in the management board of ISSP, as Full-Professors can bring in more weight to a new research direction. The research associate with two five-year terms is a very good concept, and is well established. Many people in the world would be happy to have such a position. In particular, such a position must be attractive for Japanese young researchers, because the number of permanent positions at universities went down.

Education of students and young researchers:

Since ISSP is a research institute, its educational mission is aimed at young researchers (RA, PD) and graduate students. Considering the number of PI (professors and assoc. professors) ~40, the numbers of research associates (RA: 50) and postdoctoral fellows (PD: 49) are at a reasonable level. ISSP has already set several kinds of encouragement system for young researchers, which seems to be working well at the moment. On the other hand, there are relatively few students in ISSP (master course students: 89, doctor course students: 64 in 2020). The number of female students is less than 10% of the total. The long-term trend has not been changed in this decade.

In order to attract more master and PhD students to ISSP, overcoming the disadvantages such as the lack of bachelor course and the geographic location far from the main campus, it is a very good idea to develop the Kashiwa Campus Science Camp. It is also important that the faculty has access to teaching students and let them know that researches done at ISSP are different from those of the main campus at Hongo or other nearby universities. Here research at large scale or unique experimental or computational facilities is an attractive factor that should be advertised.

The evaluation committee appreciates very much the effort of ISSP to contribute to hands-on workshops such as the schools at SPring-8 for synchrotron science and the AONSA (Asia-Oceania Neutron Scattering Association) school of neutron science. This is high-end education on very important and partly specialized tools.

The ISSP Young Scientist Medal is also a very good idea. One concern is that this Medal has been awarded mostly to Research Associates, but only two PhD students in these 17 years. (In average, 18.5% of Research Associates get this award.) It is encouraged to nominate PhD students too, if they have done exceptional research work measured on their stage of career.

Recommendations:

- The evaluation committee proposes to organize annually one- or two-week international summer schools for graduate students at Kashiwa. The core parts of the lectures should be given by ISSP members and may be complemented by lectures from other universities in Japan and abroad. This improves the international recognition of ISSP and attracts excellent young students to join the research groups in ISSP, which helps recruitment of doctor students, post-docs and research associates in future.
- For the diversity problem, one solution is to make efforts to increase the number of foreign PIs with preparing the living environment and child-rearing environment, especially female PIs. This will enhance the number of foreign students including female young researchers and students. Collaboration with Kavli IPMU, which has a building near ISSP, helps with this issue. A more direct way is to create new faculty positions only for female researchers, without specifying the research field or division. Many successful examples of such a recruitment can be seen in other universities and institutes.

1.4 International activities

International interaction is an important mechanism to speed research and development into next generation materials. However, there are many obstacles to effective international collaborations. The committee is thus gratified that ISSP recognizes the importance of these connections and has taken steps to enhance their collaborations with foreign scientists. Outstanding examples of their efforts are the flexibility to invite international researchers for short, medium, or long-term stays with local assistance provided by an International Liaison Office, development of agreements and MoUs with foreign research institutions, which often include personnel exchanges, opportunities for graduate students to spend extended periods conducting research at foreign scientific institutions, and participation in regional schools such as the one run by the Asia-Oceania Neutron Scattering Association (AONSA).

Recommendations:

- The committee understands the need to suspend many of these activities due to the covid-19 pandemic. However, we encourage ISSP to resume and even expand their activities for encouraging international collaborations when it is safe to do so.
- The committee would like to reiterate the point made by the previous panel that the impressive scientific facilities at ISSP could be more effectively leveraged to attract international scientists. This requires better publicity for the capabilities of these facilities. We note that the planned restart of the JRR-3 reactor comes at a very opportune time as world-wide capacity for neutron scattering has recently declined due to closures of 3 reactors in Europe. It may be a good chance to open new international joint researches.

1.5 Relation to society

ISSP has been making continuous efforts to raise the visibility to the society through many activities. Every autumn, ISSP – together with other institutions on the Kashiwa campus – organizes a two-day “Open House” that attracts more than 3,000 visitors from all areas of society. In addition, more than 300 people from high schools and other groups visit the ISSP. The visitors enjoy guided tours through the large experimental facilities, listen to some lectures, perform hands-on experiments, and join other activities. In addition, ISSP organizes a public-lecture series, in which every year highly recognized lecturers – including Nobel laureates – present talks for the public. This is done in collaboration with Kashiwa City.

To share innovative knowledge with industry, ISSP encourages collaboration with companies. Actually, the number of collaborative researches with industry partners remarkably increased after 2014. Remarkable is the cooperation with Toyota, which led to the establishment of the Division of Data-Integrated Materials Science in the Social Cooperation Research Department. In addition, ISSP establishes and manages consortiums to make an opportunity for collaboration with industry, such as Professional Development Consortium for Computational Materials Scientists (PCoMS) in CCMS and Consortium for Technological Approaches toward Cool Laser Manufacturing with Intelligence (TACMI) in LASOR. These collaborations will financially contribute a lot to the ISSP in future.

Recommendation:

- More public-relation activities, such as press releases on highlight research, would be possible.

2. Divisions and Laboratories

2.1 Division of Condensed Matter Science (DCMS)

Just after the last review in 2015, this new division was launched by combining two divisions. The common purpose of DCMS is to explore novel materials and novel phenomena. Each research group is studying each target material with their own sophisticated experimental expertise. Such a high independence of each group is necessary to play a role as a seed creator. The present members cover the heavy fermion materials, organic conductors, graphite and black phosphorous films, while their experimental expertise ranges from organic material synthesis to NMR, thermal and transport measurements under magnetic field and pressure. Furthermore, the collaborations within the division for specific materials were indeed very successful.

Many of the investigated materials are produced in-house, either in the Mori group or in cooperation with the Materials Design and Characterization Laboratory (MDCL), a clear asset of ISSP. Indeed, the material synthesis is at the heart of the successful ISSP research.

A lot of interesting and top-level scientific outputs were obtained in the past five years. Prof. Takigawa discovered the magnetic field-induced discontinuous switching of ferro-quadrupole order parameter in $\text{PrTi}_2\text{Al}_{20}$ through ^{27}Al -NMR and magnetization measurements. Prof. Sakakibara clarified the wing-structure phase diagram of the itinerant Ising ferromagnet URhGe with a tricritical point, which is in agreement with the phenomenological analysis. Prof. Mori explored the proton conduction mechanism in organic materials. With the advantage of synthesizing various crystals by herself, she revealed that the molecular dynamics is one of the key factors for anhydrous proton conduction, in addition to the previously disclosed two static factors. Prof. Osada successfully extracted the information about the Dirac dispersion of the two-dimensional mass-less Dirac fermion system: β -(BEDT-TTF) $_2\text{I}_3$ by measuring interlayer resistance under pressure. He also proposed the emergence of the chiral edge state and/or the helical edge state in the energy spectrum of nanoribbon. Prof. Yamashita found a new field-induced phase below 20mK in the phase diagram of CeCoIn_5 , indicating that this compound could be a promising candidate to study the physics of quantum critical point.

Recommendations

- Refill faculty positions according to a long-term strategy of ISSP. In particular, the appointment of a researcher who has the skill of crystal growth of inorganic materials (like Prof. Nakatsuji or Prof. Ohgushi) should be considered.
- Try to maintain the extraordinary ISSP assets: development of new materials – seed for discovering new phases and opening new horizons for research – and unique experimental infrastructure with a broad range of techniques.
- Take further advantage of the world-leading capabilities in the large-scale facilities.

2.2 Division of Condensed Matter Theory (DCMT)

At ISSP, theory and computation take place in the Division of Condensed Matter Theory (DCMT), the Materials Design Division (MDD) of the Materials Design and Characterization Lab (MDCL), the Center of Computational Materials Science (CCMS), the Division of Data-Integrated Materials Science (DDIMS)), and two trans-divisional groups: the Functional Materials Group (FMG) and the Quantum Materials Group (QMG). As a rather general remark: the theory and computation activities are well positioned at the ISSP and are at the core of ISSP activities and both contribute significantly to the over-all mission of the ISSP as stated on page 1 of the ISSP-Activity Report. They cover subjects like electron correlation, transport properties, statistical mechanics, non-equilibrium physics, and first-principles calculations, paving the way to a multidimensional spectrum of directions, including fundamental research, computational materials physics and chemistry, materials informatics and machine learning, a broad spectrum of method development, e.g. tensor-networks, taking opportunities of peta-flop computing and the challenge of exa-scale computing, serving the community by education at methods, and doing long-term project-oriented work in relation to requirements of Japan's policy makers in industry and government. In response to the 2015 ISSP External Review Report, they have made efforts to collaborate with experimentalists, and awareness has increased. ISSP plans to have 10 faculty members in theory and computation (DCMT-core group: Tsunetsugu and Kato, MDD-core group: Kawashima, Ozaki, and Noguchi, DDIMS-core group: Fukushima, FMG-core group: Sugino and Oka, QMG-core group: Oshikawa), which is $\frac{1}{4}$ of the total faculty of 40.

As said above, collaborations inside ISSP were an important issue of the 2015 ISSP external review report and the ISSP has taken initiatives to improve it, e.g. by the formation of the two trans-divisional or interdisciplinary groups and also the integration of computational groups into the MDCL. The collaboration between theory and experiment is even more so an issue as ISSP runs a couple of large-scale experimental facilities, which produce novel experimental data that are waiting for explanations.

The Division of Condensed Matter Theory (DCMT) is one of the three core divisions of ISSP. It has a long and successful history to condensed matter and materials physics with an emphasis on fundamental areas such as magnetism, strongly correlated electron problems, electron transport, using and developing a wide spectrum of methods including computational ones such as DFT and QMC. A weekly ISSP theory seminar takes place that is open to all members of the ISSP. The DCMT benefits also from the interaction with the high-energy theory group of another institute in a neighboring building.

Prof. Tsunetsugu follows the area of strongly correlated electron systems, new quantum states in frustrated magnets, non-equilibrium dynamics and time evolution of 1D models of correlated electrons working with a spectrum of methods, e.g. Bethe Ansatz. Prof. Kato follows the area of quantum transport using both analytical and numerical methods. Recent interest has been on non-equilibrium many-body systems, shot noise, transport driven by high-speed external fields and spintronics.

These subjects are at the core of modern condensed matter research, well-known as difficult challenge over decades, and are well-chosen in the light of the strategy of ISSP. For example, considering the presence of the Laser and Synchrotron Radiation Center and the new

physics of solids that can be studied with respect to ultrafast spectroscopy and large laser intensities, and the various spintronics activities at ISSP, the study of non-equilibrium physics of strongly correlated electron systems and their properties in real-time is very challenging and of strategic interest of ISSP.

Recommendations:

- In times when the boundaries of high-energy and condensed matter theory are becoming smaller and new mathematical concepts related to topology enter condensed matter, and when simulations science, AI, deep-learning, data-science, quantum computing, neuromorphic computing, which are methodologies closely related to fundamental questions in condensed matter, are developing rapidly and growing over-proportionally, it is appropriate that the ratio of faculty working in theory and computing to the total faculty should not fall below $\frac{1}{4}$.
- The theory is encouraged to take challenges and opportunities provided by novel materials grown with new properties and functionalities. These challenges stimulate the development of new theoretical concepts and methods.
- While the collaboration among the theory groups and between theory and experiment at ISSP can be extremely fruitful and mutually beneficial, theory and computational physics need also a standing on its own. Developing theories and methods that are at the forefront of science leads to new science directions. Thus, ISSP should also continue to promote pure theoretical research that can create novel fields of condensed matter physics. The SU(4) antiferromagnetic state by Prof. Oshikawa can be such a program.
- One should not loose efforts to be part of the international heat bath of intellectual thoughts and developments, and one should not give up individual researches in individual laboratories. Especially research associates in theory and computation with relatively low teaching loads and less administrative works at ISSP should be encouraged to go abroad.
- We fully endorse hiring a talented theoretician into the QMG. We feel the hiring is overdue. One should carefully think which profile matches the requirement of QMG and the theory simultaneously. Maybe due to the hiring of Prof. Miwa, a person combining transport and topology in a nano-structured thin-film environment could be an option.
- In the 2025 academic year, Prof. Tsunetsugu will retire. We recommend to start thinking early about possible research directions. Considering the tradition of the ISSP on strongly correlated electron systems, the establishment of the Trans-scale Quantum Science Institute, and the advent of quantum computers with increasing number of qubits, translating the problem of strongly correlated electrons onto a quantum algorithm might be an interesting direction.

2.3 Division of Nanoscale Science (DNS)

The Division of Nanoscale Science (DNS) is one of the three core divisions of ISSP. It is currently led by 7 group leaders, two of which have shared affiliations with the QMG: Quantum Materials Group (Prof. Miwa) and the FMG: Functional Materials Group (Prof. Yoshinobu). It currently consists of 7 faculty members, 6 professors and 1 associate professor, that also are group leaders of the 7 laboratories. The introduction of the trans-divisional groups had a significant impact on the laboratories of the DNS, introducing more collaborations through common seminars and exchange of graduate students. In the last five years, the DNS has demonstrated not only strong individual research programs but also synergy between the programs, and as a whole covers a quite powerful spectrum of nanoscience capabilities. They have capabilities of thin film growth of various materials, e.g. oxide films (Lippmaa group) or magnetic films (Komori group), work on 2D materials such as graphene (Komori group), use many surfaces science characterization tools, e.g. Synchrotron radiation (Komori group), X-ray, scanning probe (Lippmaa group), STM (Hasegawa group), and work on quantum transport (Otani, Miwa, and Katsumoto groups). Some activities are related to materials design for specific functionality (Lippmaa) or chemical/catalytical behavior (Yoshinobu-group), while other research is more geared towards quantum technology. Each lab has specific methods that are developed further and used for innovative research. Overall, the achievements in the last 10 years are most impressive with many papers in high-impact journals. On the facility side there is in particular a strength in nanoscale synthesis and scanning probe technology. In the last funding period, the Otani group installed a Focusing Ion Beam (FIB) tool that has significantly increased the microfabrication capabilities of the DNS, and other groups, e.g. the QMG.

Overarching themes are electronic, magnetic, spin and chemical properties:

- Prof. Komori is currently interested in the electron-phonon interaction of graphene and the electronic and magnetic properties of thin metallic films created by N-surfactant having large magnetic anisotropies without rare earth atoms.
- Prof. Katsumoto works on quantum spintronics, working on spin filtering and conductance fluctuation in transport between quantum point contacts.
- Prof. Hasegawa is an internationally recognized expert in low-temperature STM which focused recently on the investigation of orbital physics and chiral magnetic textures with the STM.
- Prof. Lippmaa pursues the growth, structuring, and patterning of thin oxide films e.g. for water splitting, magnetism or topological properties. He collaborates with several institutions in Japan and abroad.
- Prof. Otani, group leader at ISSP and RIKEN, was running for 10 years very successfully and internationally esteemed nano-spintronics program on spin conversion. It includes research of spin-injection, the measurement of all kind of Hall effects, spin-orbit torque, and spin-pumping. Recently he extended the research to strong magnon-phonon spin conversion.

- Prof. Yoshinobu works in the field of surface science and catalysis using well-defined single crystal surfaces and belongs also to the FHG. The research includes studying adsorption of small molecules on metal and oxide surfaces using a variety of scanning probe, spectroscopic and synchrotron radiation-based techniques and catalytic reactions using near-ambient pressure XPS. The group are also pursuing research on electronic states of organic semiconductors and low-dimensional materials.
- Assoc. Prof. Miwa is a recent hire and conducts research in magnetic anisotropy, spintronics based on molecular magnetism and spin-dynamics to create physical reservoir computing. The group conducts the research mostly using tunneling spectroscopy and x-ray magnetic circular dichroism at Spring-8 in synergy with LASOR. The group is also associated with QMG.

Recommendations:

Efforts should be made to maintain the core strength. Below are some points to consider.

- In the near future there are 2 retirements (Prof. Komori and Prof. Katsumoto) and this will have important implications for the output in the coming years. In the case of Prof. Komori there is a close connection with the LASOR Division and for professor Katsumoto with the area of spintronics and nanoscale magnetism. The recent hire of Assoc. Prof. Miwa renews some of these activities but it is essential to soon consider a hire that can continue the two-dimensional graphene and magnetic film directions or along similar connected topics. The proposed new directions of surface bound materials and quantum sensing are well aligned with these activities and we recommend to indeed pursue one or two hires in these topics. Due to budget constraints it could be essential to time the hiring not to affect other on-going excellent activities.
- DNS plans to establish the Nanoscale Quantum Materials Research Laboratory (NQML) as a virtual laboratory in order to consolidate the various synthesis and characterization activities within ISSP, the University of Tokyo and Japan as well as to promote international collaborations. Although the committee endorses this plan, it is essential that DNS will remain with strong individual research activities, which should not be diminished through the creation of NQML.
- Within the DNS there is a successful oxide growth activity that holds some promise to provide deeper insight into charge transfer and electron-hole trapping in metal-oxide interfaces in photo-catalysis related to water splitting. It would be beneficial for ISSP to find avenues to coordinate various activities related to interfacial photo- and electrocatalysis across divisions and groups.

2.4 Functional Material Group (FMG)

The FMG was established in 2016 after the 2015 international review in order to consolidate programs to create stronger synergy. It is one of the two interdisciplinary groups within ISSP. The goal was to address research areas where a systematic understanding is still lacking and to connect more with industry and society as a whole. The focus of this new group is to study dynamics and properties of excited and non-equilibrium states including chemical reactions on surfaces and biological systems. From the start, three professors (Yoshinobu, Akiyama, and Sugino) became full-time members, and eight others were appointed concurrently (Shibayama, Komori, Mori, Yamamuro, Lippmaa, Harada, Matsuda and Noguchi), where many also belong to other division and centers within ISSP. In April 2018, Dr. Inoue was appointed as an associate professor who studies bioscience and biomaterials and started to develop the science of non-equilibrium and dynamics. In January 2020, Dr. Oka was appointed as a professor who studies the theory of optical physics and started to collaborate with laser experimental physicists to promote novel laser physics. Overall the group has had a good start with many good papers.

The purpose of the FMG is promoting interdisciplinary research works within ISSP. The FMG sets three main targets described below. Several projects have just started and are currently underway. There are also other existing projects that were moved into FMG from other parts of ISSP.

1. Non-equilibrium dynamics of complex biomolecular systems

FMG aims to elucidate the mechanism of the functional dynamics of proteins, which has many unsolved problems. Especially, they try to elucidate their tertiary and quaternary structures and their temporal changes, in collaboration with structural biology groups conducting X-ray and neutron crystallography, and single particle analysis using cryo-electron microscopy. Assoc. Prof. Inoue joined FMG in 2018, who leads core experiments on the photoreaction dynamics of photoreceptor proteins using advanced spectroscopic methods.

2. Theory of non-equilibrium, dynamical, and/or excited states, and their functions

Another important target set in FMG is the theoretical physics of non-equilibrium, dynamical, and/or excited states, and their functions. It is true that this is an extremely large and hard target. In ISSP, however, LASOR has a very high ability to generate precisely controlled non-equilibrium states by THz and laser light, and to monitor ultrafast dynamics via varieties of advanced spectroscopy. This will potentially open many collaborations on device-based non-equilibrium experiments with various materials research labs in ISSP.

3. Surface science and electrocatalysis

The FMG leader, Prof. Yoshinobu, has been pursuing surface physics and chemistry of materials successfully for decades, and in addition to the above described recent THz excitation to control chemical reactivity, he has investigated CO₂ catalysis on Cu-Zn for sustainable methanol production, surface science of adsorbed molecules, and 2-dimensional materials in collaboration with LASOR. There are also efforts by Prof. Sugino to investigate theoretically the importance of nuclear quantum effects in electrocatalysis.

Recommendations:

Since the FMG is a relatively new organization at ISSP, it will take time to fully see the impact of its creation. There are some recommendations to consider.

- The original recommendation at the last review can be interpreted to suggest that FMG should be a new organization that connects multiple research groups like a horizontal skewer and some faculty should be hired for the program-specific purpose but belongs to one of the other Divisions, Laboratories or Centers. However, current FMG seems like an independent research division in parallel with other Divisions, Laboratories or Centers, since several full-time members belong to FMG. It will be essential for ISSP to define FMG and its difference compared to other organizational structures. Since it is important for FMG to have time to clearly define its unique role within ISSP, this particular aspect will be important to revisit in the next review.
- The hire of Prof. Oka was an important addition to ISSP to enhance the research of non-equilibrium quantum materials and in particular Floquet engineering. The question is the choice of full-time appointment in FMG. Several of the programs in FMG are centered around materials of chemical or bio-physics interest. However, Prof. Oka's activity is maybe better connected with the DCMS or QMG than with other programs in the FMG group. In particular, since the most essential collaboration is with the Matsunaga group in LASOR and not FMG. It might be good to consider another hire in FMG that is related to quantum materials to strengthen this area more. Although there are plans to open-up for research in non-equilibrium biosystem connecting Assoc. Prof. Inoue that hopefully can become successful although scientifically far from quantum materials it is important to further establish the connection within FMG.
- There are several programs in surface reactivity and photo and electrocatalysis. It might be advantageous to achieve more synergy if the Yoshinobu and Sugino groups could work, at least partly, on similar problems. Computational effort could shed more light on the surface reactivity of the Cu-Zn problem including adsorption of formic acid, and similarly experiments based on spectroscopy could elucidate more evidence in around nuclear quantum effects of hydrogen on Pt surfaces if this is important for electrocatalysis.
- The FMG has strong interactions with LASOR. There could be an opportunity to further strengthen this connection when the new Sendai facility becomes operational, in particular for in-situ and operando spectroscopy.

2.5 Quantum Material Group (QMG)

The Quantum Materials Group (QMG) is one of the two trans-divisional groups consisting of three core groups (Prof. Oshikawa, Project Prof. Nakatsuji, Assoc. Prof. Miwa), three from the Division of Condensed Matter Science (DCMS) (Prof. Takigawa, Prof. Sakakibara, Assoc. Prof. Yamashita), one from the Division of Nanoscale Science (DNS) (Prof. Otani), one from the Materials Design and Characterization Laboratory (MDCL) (Prof. Hiroi), and three from the Laser and Synchrotron Research Center (LASOR) (Assoc. Profs. Kondo, Matsunaga, Okazaki). All members of the QMG are also affiliated to the Trans-scale Quantum Science Institute (TQSI), directed by Prof. Nakatsuji.

Scientifically, the QMG is outstanding. The members produce excellent world-wide visible and recognized papers published in part in high-impact journals. Examples are the discovery of the anomalous Hall effect (AHE) in the topological Weyl antiferromagnet Mn_3Sn by Prof. Nakatsuji and co-workers, and the unravelling of the magnetic spin Hall effect in these systems by Prof. Otani and co-workers, published in Nature papers. The former paper was cited more than 350 times (Web of Sci., Dec 2020) since 2016 and became the starting point of investigations of Mn_3X materials across the globe, and the latter was cited last year alone more than 40 times.

The current research and the future research plan are very clear and excellent: (1) Development of new quantum materials, (2) development of advanced techniques of transport properties, (3) development of new functionalities. The QMG has competence of growing novel bulk (Nakatsuji and Hiroi groups) and high-quality thin film (Miwa group) quantum materials, and is versed in measuring a large spectrum of novel transport quantities, e.g. all kind of Hall effects, spin-orbit torque (Yamashita, Miwa, and Otani groups), and have access to various advanced photoemission spectroscopy techniques, e.g. ultra-high energy resolution ARPES, ultra-fast time-resolved ARPES (Kondo and Okazaki groups) and terahertz pulsed laser spectroscopy (Matsunaga group) to explore the electronic properties including their responses. An emphasis is on strong electron correlation, topology, spin-orbit interaction, and spintronics. Oshikawa group is working on theoretical concepts at the interface of strongly correlated electron problems and topology.

Attracting Assoc. Prof. Miwa to ISSP was an excellent move, as he adds a very important new strategic component to the QMS group. He combines the world of thin films with the aspect of functionality and device application in a sense of a basic research environment. Thus, he combines the growth and the analysis of the properties of topologies in thin films, with nano-fabrication and transport functionalities. Through this, the QMG gained new capabilities.

Recommendations:

- Concerning the power and output of the experimental group, an additional theory group would be advisable, maybe combining transport and topology in a nanostructured environment.
- Profs. Takigawa and Sakakibara are expected to leave the QMG at the end of the fiscal year 2020 due to retirement. Therefore, urgent issues are the replacement of these two positions plus to fill one theory position in the context of the strategy of QMG (see the 1st

Recommendation).

2.6 Materials Design and Characterization Laboratory (MDCL)

The Materials Design and Characterization Laboratory (MDCL) consists of two divisions: (i) The Materials Synthesis and Characterization Division (MSCD) and (ii) the Materials Design Division (MDD).

Materials Synthesis and Characterization Division (MSCD)

The MSCD runs the Materials Synthesis and Characterization Section (MSCS) and High-Pressure Synthesis Sections (HPSS). MSCS provides a nation-wide joint use of experimental facilities for material synthesis, chemical analysis, electromagnetic measurements, and spectroscopy, supporting around 100 research projects each year. Their activity is successful as can be seen in the recent outcomes such as novel ionic liquid catalysts containing metal ions on mesoporous silica and single crystal growth of $\text{Pr}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$.

The MSCD is composed of two core faculties, Prof. Hiroi and Prof. Uwatoko. Prof. Hiroi is also affiliated with the Quantum Materials Group (QMG).

Discovery of new materials that display distinct physical/chemical properties is important to advance solid-state physics and chemistry. The MSCD has been a center of excellence for materials discovery since the establishment in 1996 by Prof. Ueda. The MSCD, together with QMG, has produced a number of novel materials. Prominent examples in the last five years include a candidate spin-orbit coupled metal $\text{Cd}_2\text{Re}_2\text{O}_7$, discovered by Hiroi and co-workers, and topological Weyl antiferromagnets Mn_3Sn , discovered by Nakatsuji and co-workers. Other materials of remarkable properties are Cd-kapellasite with $s = 1/2$ Kagome network, oxychloride $\text{Ca}_3\text{ReO}_5\text{Cl}_2$ with visible “orbital” state, and the multipolar Kondo material $\text{PrV}_2\text{Al}_{20}$. The discovery of new materials has stimulated collaborative research. For example, a quantum spin nematic phase has been discovered in volborthite by the collaboration with IMGSL.

High pressure is a promising route to produce remarkable properties of solids. Thus, it was a good decision that Prof. Uwatoko, working on high-pressure measurements, became a member of MSCD in 2016. Uwatoko and co-workers discovered pressure-induced superconductivity in CrAs in 2014 and observed quantum criticality of double helix magnetic ordering recently.

Recommendations:

- The quality of joint facilities is critically important for new materials research, as emphasized in the previous Review in 2015. Several new facilities have been installed in the last five years. On the other hand, some of the facilities are in use since the relocation of ISSP to the Kashiwa campus 20 years ago. To keep the excellent activity on new materials research, continuous upgrade is strongly advised. Prof. Ueda represented the excellence in new materials at ISSP. His position should be refilled with a talented young scientist.

Materials Design Division (MDD)

The MDD runs the Supercomputer Center (SCC) of the ISSP, which accepts about 300 joint-use proposals annually, which are reviewed by 90 nation-wide reviewers, and manages about

900 users. It is probably the most expensive single piece of equipment of the ISSP. This facility is at the core of computational condensed matter physics activities in Japan. It is astounding and impressive how such a 7 Petaflop machine can be operated with such a small number of staff. We think the staff is at its limit of capacity.

The MDD is composed of three core faculties: Prof. Kawashima, Prof. Ozaki, and Assoc. Prof. Noguchi as well as Prof. Sugino, who is affiliated with the Functional Materials Group (FMG). In total the three core members cover three important regimes of condensed matter by covering quantum physics and statistical physics.

The Kawashima group covers the many-body quantum physics by large-scale computations using quantum statistical models. He ventured into numerical tensor-network algorithms as a broadly applicable tool also for topological quantum states including the Kitaev model and applied it to Kitaev compounds such as α -RuCl₃, all highly relevant to QMG and DNS.

The Ozaki group covers the description of the quantum materials by the DFT quantum model on the scale up to thousand atoms. Prof. Ozaki is the inventor and core developer of OpenMX, one of the most successful Japanese open-source DFT software for materials characterization and discovery in the world. The group's continuous effort to expand the functionality and applicability of the code is of service to the world-wide community. The Ozaki group has collaborated with colleagues within and outside of ISSP, to mention a few, on 2D materials highly relevant to various groups at ISSP.

The Noguchi group covers the meso- and macro-scale as relevant for polymer physics, soft matter, and biological systems (large molecules, bio-membrane) using coarse-grained simulations, e.g. large-scale coarse-grained molecular dynamics simulations, and discretized Navier-Stokes equation. This included the dynamics of complex liquids and fluids such as multi-phase flows. The group developed several theoretical methods and works also on polymer problems relevant to applications.

The ISSP supercomputer center (SCC) has been hosting, since fall 2020, a state-of-the-art 7.7 petaflop massively parallelized computer with a hybrid architecture, which allows to solve a diverse spectrum of problems in condensed matter. It makes a difference if a supercomputer is designed for condensed matter, QCD, or problems of turbulence in engineering. The computer has been updated or will be updated to twice the capacity. The outline of the Supercomputer architecture and the future development is to the point of the requirements of the condensed matter community.

The PASUMS (Project for advancement of software usability in materials science) effort of the MDD to enhance the power of the supercomputer hardware by providing efficient and/or user-friendly software running on the ISSP systems is very much appreciated. All practitioners in the field of high-performance computing know that the effort of porting codes onto the increasingly complex computer architectures increases permanently. Professional support is essential.

The international awareness of data as a valuable resource for future wealth is continuously growing. MDD plans to take measures by developing a repository specialized for condensed-matter-related data necessary for sharing valuable computational data. To facilitate this new infrastructure measure additional personal will be required.

Recommendations:

- The evaluation committee really endorses the effort of the MDD concerning the setup of a Data Repository. The ISSP has to proceed this way without alternative.
- The committee shares the opinion of ISSP on the importance of materials informatics and encourages ISSP to enable a faculty position (e.g. Assoc. Prof.). This could be coordinated with the setup of the Data Repository. We think if you don't hire a specialized person on this subject, ISSP won't be recognized as an organization that is actively pursuing this topic.
– Maybe it is worth thinking whether to include Proj.-Prof. T. Fukushima to be affiliated with MDD.
- Update of Supercomputer System C: Energy-efficient boosters or GPUs of different vendors become more important, and at the same time new algorithms that make use of this architecture (i.e. tensor-flow algorithms) come into widespread use. The committee recommends to think about this technology in case of the update of System C, also to educate slowly the user community in the usage of such architectures and of the PASUMS (Project for advancement of software usability in materials science) team for the adaptation of algorithms.
- Currently the supercomputer is for domestic use. The committee encourages ISSP to think about an international outreach. It may have many positive outcomes for ISSP: (1) It advertises ISSP in the world. (2) It internationalizes the thinking about computer applications. (3) In neighboring countries like Singapore, Vietnam, the Philippines, Indonesia, you have people educated in Japan, which have no access to supercomputing. By building-up the Asian hub for supercomputing in condensed matter you educate scientists of (neighboring) countries on high-performance computing. (4) It creates an international community of condensed matter scientists centered in Japan using high-performance computer.
- OpenMX is one of the very few internationally used and recognized DFT codes that originates and is being continuously developed in Japan. On the path of internationalizing the MDD the committee encourages to keep the development of the OpenMX code internationally competitive e.g. by transforming OpenMX to a computational laboratory for materials design by considering to build a specialized team around the code starting with a technician.

2.7 Neutron Science Laboratory (NSL)

Neutron scattering provides information about the structure and dynamics of materials that is difficult or even impossible to obtain by other means. Thus, the Neutron Science Laboratory (NSL) is central to ISSP's goal of conducting cutting-edge research in condensed matter physics and materials science through joint usage of research resources and by developing international research collaborations. To achieve these aims, the NSL pursues an ambitious program of scientific research and service to the scientific community. While many organizations achieve excellence in a single domain, the NSL is one of only a few organizations in the world that has attained excellence in both.

The NSL consists of groups led by Prof. Yamamuro, Prof. Masuda, Prof. Nakajima, and a soft matter group led by Prof. Mayumi, who recently replaced Prof. Shibayama who retired. This replacement was extremely important to the future of NSL not only because Prof. Shibayama is an internationally recognized expert in the use of neutron scattering to provide key insights into the properties of soft matter, but also because the study of soft materials is an essential component of the broad-based neutron program that has historically been housed in ISSP. The scientific accomplishments of these four groups over the past 5 years is excellent. The Yamamuro group investigates the chemical physics of complex condensed matter, such as relaxation phenomena at the glass transition. For example, they recently investigated low-energy excitations of glassy carbon tetrachloride to provide new insights into the glass transition. Prof. Masuda's aim is to find novel quantum phenomena in strongly correlated electron materials. He recently discovered novel excitations near a pressure-induced quantum critical point in a frustrated antiferromagnet. Finally, Prof. Nakajima, who joined the NSL in 2019, recently observed a lattice of magnetic skyrmion on a breathing Kagome lattice.

The NSL not only produces excellent science, it also serves the Japanese scientific community by developing and operating instruments at neutron sources in Japan. Most of these instruments are located at JRR-3 in Tokai. Unfortunately, this reactor has not been operated since the Great East Japan Earthquake of 2011, greatly reducing the access of Japanese scientists to essential neutron scattering capabilities. The NSL provided financial support to researchers to allow experiments in overseas facilities. Even though less than one in five proposals were successful, this program has served 400 scientists, resulting in more than 100 publications. ISSP also executed an agreement with the Australian Centre for Neutron Scattering, which provided Japanese scientists guaranteed access to neutron instrumentation. More importantly, the NSL has utilized this protracted outage to upgrade the neutron facilities at JRR-3. Particular attention has been paid to improving neutron optics including the installation of new supermirror polarizer and replacing old guides with modern supermirror guides. The committee commends the NSL for their efforts to minimize the substantial negative impacts of the extended JRR-3 outage.

While NSL activities are centered on instrumentation at JRR-3, the organization also participates in instrumentation at other facilities. In collaboration with KEK, the NSL developed the HRC instrument at J-PARC. This is a world-class instrument for studying excitations in quantum materials. The NSL is also responsible for coordinating Japan's participation in the US-Japan Cooperative Program on Neutron Scattering. This program currently operates a cold-neutron triple-axis spectrometer, which is located in the neutron guide hall of the High Flux Isotope Reactor (HFIR) at Oak Ridge National Laboratory (ORNL).

Recommendations

- The committee was pleased to learn that the JRR-3 is scheduled to restart in February 2021. This restart is extremely important for the scientific programs at ISSP and across Japan. Thus, the committee believes it is essential that the NSL prioritizes re-commissioning instruments at JRR-3 in order to provide the scientific community in Japan access to these much-needed neutron scattering capabilities as soon as possible. In addition, we believe that the NSL should endeavor to provide sufficient resources to reliably operate their instruments at JRR-3 as user facilities.
- The committee urges the NSL to maintain and, if possible, expand its long-standing commitment to instrument development. The instrument upgrades presented, which included a cold-neutron triple-axis spectrometer with a sophisticated focusing analyzer system and an upgrade to the neutron spin-echo spectrometer, play to the strengths of ISSP, and a steady-state source while complementing the instrumentation available at the MLF at J-PARC. We note that the focus on instrumentation has not only produced excellent neutron scattering capabilities for Japan but has also resulted in the development of many scientists who are exceptionally skilled in the design, construction, and operation of neutron instruments. Without this pipeline of talent, it would have been significantly more difficult for the MLF to quickly achieve the exceptional suite of instruments that the Japanese scientific community now enjoys.
- The committee endorses NSL's plan to complete the high-angle detector coverage on HRC at J-PARC. It believes that this is a very cost-effective way to enhance the performance of this already excellent instrument. The committee also supports the plan to upgrade CTAX to MANTA at HFIR though we emphasize that Japanese scientists should realize a scientific return on this upgrade commensurate with Japan's contribution to the project. We also note that NSL could likely develop a cold-neutron triple-axis spectrometer at JRR-3 with very similar performance to the one proposed at HFIR.
- Neutron scattering is a very useful tool for industrial research. The committee was impressed by the TACMI Consortium organized by LASOR. The NSL should attempt to expand its efforts to collaborate with industry and should explore the development of an industrial consortium for neutron scattering, perhaps in partnership with the MLF at J-PARC.

2.8 International Mega-Gauss Science Laboratory (IMGSL)

The IMGSL, founded as a facility in 2006, provides a suite of pulsed-field coils to the user community for research up to the world-highest magnetic fields available now. In 2018, IMGSL reached a world-record magnetic field of 1200 T for indoor experiments, made possible by the ingenious skills of Profs. Takeyama and Matsuda. Prof. Takeyama received the A. I. Pavlovski Prize for his outstanding achievements. By having this electromagnetic-flux-compression technique as the only laboratory worldwide, the IMGSL is now able to offer uniquely such high magnetic fields for user experiments. Somewhat lower magnetic fields in the range from 100 to 300 T are available as well, with the advantage that only the coil is destroyed during experiment, but not the whole experimental setup including the sample. Non-destructive pulsed-field magnets with an impressive set of experimental techniques is also offered to users, routinely up to 75 T. Making experiments in such hostile environment possible is the merit of Profs. Kindo, Tokunaga, and Kohama. As a noteworthy asset, long-pulse magnets with flat top allow remarkable thermodynamic studies.

The loss of Prof. Takeyama, due to his retirement in 2019, was counteracted by hiring Prof. Kohama already in 2017. This is fully in line with the recommendations given in the last evaluation as well as the focus not only to achieve highest magnetic fields, but also on the development of highly sensitive experimental techniques in pulsed fields. Further, a joint research program with the pulsed-field facility in Osaka has started and IMGSL plans a joint-usage program with the static-field facility at Tohoku University. Beyond Japan, the IMGSL established strong links with high-field laboratories worldwide. Plans are ongoing to combine pulsed magnetic fields with photon and neutron sources. It is noteworthy that IMGSL made all these achievements possible with a small number of scientific and technical-support staff.

Besides the world-leading pulsed-field developments and energetic user support, the IMGSL groups are highly active in topical condensed-matter in-house research on a top level. Particularly impressive is the large number of highly cited publications during the last five years in which especially Prof. Tokunaga made decisive contributions showing his excellent research skills. Recent research highlights include the observation of a field-induced insulator-metal transition in the strongly correlated material $V_{1-x}W_xO_2$ in the 500 T range by Matsuda and Takeyama groups. Further, Tokunaga and Kindo groups studied elemental bismuth in the ultra-quantum limit and revealed anomalous features that hint at an unusual quantum state. Prof. Tokunaga also unveiled cross-correlation effects in the well-known multiferroic $BiFeO_3$ by utilizing highly sensitive polarization and magnetostriction measurements in pulsed fields. Prof. Kohama, together with Kindo and Hiroi groups observed a quantum spin-nematic phase in the magnetically frustrated material volborthite. This was made possible by the establishment of specific-heat and magnetocaloric-effect measurement techniques in the pulsed magnets by Prof. Kohama.

Recommendations

- The committee commends the outstanding achievement of reaching pulsed magnetic fields up to 1200 T. For this as well as for the other pulsed-field installations the committee now recommends to develop existing and new experimental techniques further. This will allow users and ISSP staff to conduct unique scientific research utilizing the world-unique

pulsed-field installations.

- The committee encourages IMGSL to continue and strengthen the cooperation with the other high-magnetic-field facilities in Tohoku University and Osaka University within the “High Magnetic Field Collaboratory Project”. ISSP may take here a leading role in strengthening the Japanese high-magnetic-field research. Beyond this Japanese collaboration, the opening to the worldwide user community should be considered.
- The committee strongly recommends the replacement of the outdated flywheel motor generator by a modern energy-supply installation. Such an installation is the envisaged supercapacitor-based power supply. Initial tests with a small capacitor bank were successful and ISSP is encouraged to make the relatively modest investment for a larger power supply. The development of this new technique would be of benefit for the whole pulsed-field user community.
- The combination of pulsed-field magnets with other facilities, such as the installation of a 20–30 T magnet at a neutron facility (J-PARC) will open up new research horizons and appears to be highly promising.

2.9 Center for Computational Materials Science (CCMS)

CCMS has been a center of excellence for promoting computer-aided materials science with massively parallel computers since the establishment in 2011. It has been the headquarter of CDMSI (Creation of new functional Devices and high-performance Materials to Support next-generation Industries) that is a Priority Issue #7 of Fugaku Supercomputer, and Prof. Tsuneyuki is a representative of CDMSI. Profs. Ozaki, Sugino, Todo, and Fukushima are selected as members of the Priority Issue. It is funded primarily through resources external to ISSP.

For scientists in the field of computational science, the Center of Computational Materials Science (CCMS) is an internationally well-known, very visible and impactful activity. Since 2011 it has taken full advantage of its role. It is extremely well positioned at ISSP. (i) It is in contact with fundamental physics carried out at the DCMT. (ii) It is challenged by the algorithmic requirements imposed by the pre-exascale computer Fugaku, where it contributes to the use and applications to the grand challenge problems in materials science. (iii) It includes materials informatics and machine learning for materials design and discovery through the establishment of the new Division of Data-Integrated Materials Science. (iv) It applies these methods within the framework of national societal and industrial projects, e.g. the Element Strategy Initiative and High-Performance Permanent Magnets. (v) It enables interaction to and provides support for experimentalists, and on the other hand, is exposed to scientific challenges motivating the development of new methods. (vi) It puts a lot of efforts into the development of high-level scientific community software (OpenMX and AkaiKKR DFT packages, mVMC, Hphi, ALMODE) and its public release. (vii) It regularly provides an admirable education and training of young people, experimentalists and material scientists at these complex tools and vice versa translates complex tools into user-friendly ones. It serves as hub for several Human Resource Development Activities, e.g. the Professional development Consortium for Computational Materials Scientists (PCoMS), or the Advancement of Software Usability in Materials Science (PASUMS). (viii) CCMS is actively running a portal site, MateriApps, that collects information on software for materials science simulations, which has been developed and operated since 2013. They also provide a Linux environment called MaterialAppsLIVE!. These activities are useful both for theoretical and experimental researchers world-wide. The success of the CCMS results from the leadership of several ISSP group leaders (Profs. Ozaki (head of CCMS), Kawashima, Noguchi, and Sugino) across divisions, centers and interdisciplinary groups of ISSP, of the Project Professor Fukushima at the Division of Data-Integrated Materials Science (DDIMS) of ISSP, and the Akai team at ISSP, as well as two external groups, Prof. Tsuneyuki and Prof. Todo, from the Department of Physics, Graduate School of Science of the UTokyo through secondary affiliations, which contribute with their expertise to the success of the CCMS.

Established in 2011, the 10-years projects will come to the end by 2021 or 2022, respectively. The following future plan for the next 5 years is very clear and the evaluation committee fully supports it. It includes:

- 1) The Fugaku supercomputer project: (i) Advanced permanent magnet materials and (ii) Secondary battery materials, have been selected as priority projects for the Fugaku supercomputer.
- 2) Human Resource Development: MP-CoMS

- 3) The field promotion activity through the establishment of the computational materials science forum.

Recommendations:

- Considering the breath of the CCMS from the method development for application of high-throughput-high-performance computing to data-driven materials design, to education and field promotion, the committee strongly recommends to discuss with the relevant stakeholder to extend and expand the funding of the CCMS and the DDIMS beyond the current limits.

2.10 Laser and Synchrotron Research Center (LASOR)

LASOR has shown real success in these five years and has received world-wide attention as one of the leading research institutions in photon-based science. The combination of both laser and x-ray facility in a center has been followed at several well-known laboratories such as SLAC/Stanford University and DESY/Hamburg University/Max Planck. Here, LASOR has leading activities in high-repetition-rate high-power lasers, HHG sources, attosecond science, THz excitations, soft x-ray spectroscopy and ultrahigh resolution and time-resolved photoemission. The most important issue is that LASOR has been making efforts to develop top-notch light sources and spectroscopic methods. After the previous external evaluation in 2015, the faculty had undergone personnel changes: Three professors left and new young professors joined. Prof. Suemoto moved to Toyota Riken and Prof. Shin was promoted to a distinguished professor at the University of Tokyo. Assoc. Prof. Wadati terminated his activities at ISSP by taking a full professor position at University of Hyogo. In turn, Assoc. professors, Kobayashi and Harada promoted to full professors and three new Assoc. Professors Matsunaga, Inoue, and Kimura joined LASOR. This personnel change was very smooth and has succeeded in incorporating new research fields. The scientific fields and mission in LASOR are categorized into three groups: (i) Extreme Laser Science, (ii) Synchrotron Radiation Laboratory, and (iii) Advanced Spectroscopy. Toward this mission, LASOR has carried out transdisciplinary research developing and exploiting ultra-fast spectroscopy, ultra-high-precision spectroscopy, and operando spectroscopy. This strategy stimulates many collaborations within ISSP and with other institutes. In these five years, LASOR has made remarkable achievements.

Extreme laser science group has been developing state-of-the-art laser systems and applied them for various light-matter interaction experiments. LASOR is one of the biggest groups that work for the R&D of laser technology in Japan and focuses on two kinds of light sources. One is coherent short-wavelength light sources by using a high-harmonic generation (HHG) scheme in the range from 7 eV to 60 eV, which has been successfully applied for time-resolved photoemission spectroscopy. The initial success and further plans to extend the photon energy range in HHG up to 500 eV are extremely interesting and along the lines of activities in Berkeley and Colorado. Pushing the photon energy higher for ultrahigh resolution photoemission will allow to probe the complete k-space for band structure determination of importance in quantum materials. The other is intense laser sources for industrial science such as laser processing. A pulse duration variable, 100-W-average power, femtosecond laser is now available at LASOR for a wide range of collaborative research including companies. Such joint research activities are extremely important for social contribution and will be the basis for solving ISSP's financial problems in the near future.

In addition, novel laser spectroscopy such as terahertz magnetic field spectroscopy for spin dynamics and quantitative micro-spectroscopy on semiconductor lasers and nano-structure photonics devices have been developed. The newly hired Assoc. Prof. Matsunaga has already produced results in this area. Controlling matter with intense THz or mid-infrared pulses in a pump fashion following with probe is a hot topic in photon science to investigate matters.

Synchrotron Radiation Laboratory mainly supports joint research activities in SPring-8 BL07LSU (crossed undulator) and also developed world cutting-edge spectroscopies, such as

operando photoemission and ultrahigh resolution soft X-ray emission. The results coming out of the BL07LSU is extremely interesting and the team is taking a leading role in high resolution RIXS. Overall, it is only to congratulate the LASOR team to a very successful 5-year period.

The Laboratory is also devoted in promoting experimental systems for advanced lasers, such as X-ray free electron laser (XFEL). Element-specific XFEL spectroscopies of the resonant magneto-optical Kerr effect and the non-linear optical effect, developed at SACLA, are now open for users. In Kashiwa campus, an ultrahigh-resolution spin-resolved photoemission spectroscopy system is now open for users.

Advanced Spectroscopy group is focusing on the advent of laser-based light sources in the soft-X-ray region. One of the milestones was the laser-based light source of ~ 7 eV that has been used for the sub-meV-resolution photoemission spectroscopy. In the last five years, available photon energy was raised up to 11 eV with the help of Yb-fiber laser technology. Most importantly the high-energy photons (11 eV) allow one to access the whole Brillouin zone of materials, overcoming the shortcoming of a 7eV laser. With these lasers, laser-based spin-resolved ARPES system has been developed. As a future direction, the group has started to use high-harmonic generation to execute photoemission spectroscopy in the 20-60 eV region. State-of-the-art laser-based organism spectroscopy is also a new direction in LASOR. This will contribute to the new research area of ISSP, complex materials such as biomaterial, living system, and functional material with non-equilibrium and excited state physics. The newly hired Assoc. Prof. Inoue started bio-photonics research along this line.

Recommendations:

The scientific activity in LASOR is currently running well. Every effort has been taken to strengthen LASOR to pursue the mission and lead the materials science community. It is clear, to stay on top of soft x-ray spectroscopy as a major player in the world, the upgrade of the SR facility is essential to improve both count rates, resolution and nano-focusing. The investment into the Sendai facility is therefore of utmost importance as is sketched out in the document. Following are several points to be considered:

- After retirement of Prof. Shin, research activities related to laser ARPES are still at a very high level. But, if we look at activities in the world, many researchers have started similar research activities with time-resolved ARPES and high-resolution ARPES. In order to keep the research level high and expand more, it is better to set a strategy for future laser photoemission spectroscopy in LASOR for the next 5-6 years.
- It is necessary to carefully consider Professor Komori's retirement in March 2021. His position should be refilled soon with a top scientist related to LASOR. Nano-scale optical spectroscopy using STM or AFM is one of the most important and emerging areas in this field.
- LASOR is one of the biggest groups in Japan that work for the R&D of laser technology at the University. To encourage young students to touch more about laser technology, more efforts should be taken to recruit students.
- There is one area missing currently in LASOR which is x-ray laser science. It is related to the research activities that bridge laser science and SR. Since the center has both strong activities in lasers and soft x-ray spectroscopy it would be natural to create a program that

combines these two areas more.

- LASOR is aiming at ultra-fast spectroscopy, ultra-high-precision spectroscopy, and operando spectroscopy. Above all, the aspect of ultra-high precision spectroscopy is relatively weak. Of course, it is clear that high-resolution ARPES was a study of this direction. It is better to consider again whether to proceed with research fields in LASOR such as optical combs, cold atoms, and ion-trapping techniques.

V. 外部評価実施体制 / Organization

- **外部評価実行委員会 / Organizing Committee**

長谷川幸雄*、山下 穰、加藤岳生、井上圭一、大谷義近、川島直輝、山室 修、
金道浩一、尾崎泰助、小林洋平、鈴木博之
/ Y. Hasegawa*, M. Yamashita, T. Kato, K. Inoue, Y. Otani, N. Kawashima, O. Yamamuro,
K. Kindo, T. Ozaki, Y. Kobaysshia, H. Suzuki

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

長谷川幸雄*、川島直輝、小濱芳允、鈴木博之、野澤清和、矢田裕行
/ Y. Hasegawa*, N. Kawashima, Y. Kohama, H. Suzuki, K. Nozawa, H. Yata

- **将来計画委員会 / Future Planning Committee**

森 初果、吉信 淳、大谷義近、秋山英文、押川正毅、長谷川幸雄、小濱芳允、
益田隆嗣、松永隆佑、山下 穰、鈴木博之
H. Mori, J. Yoshinobu, Y. Otani, H. Akiyama, M. Oshikawa, Y. Hasegawa, Y. Kohama,
T. Masuda, R. Matsunaga, M. Yamashita, H. Suzuki

(* 委員長 /Chairman)

評価資料 / Evaluation Materials

- ISSP Activity Report

- 個人業績報告書 / Personal Data

氏名 / Name

職・着任年月日 / Position, 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 (Research Subjects, Membership, Awards, Research Grants)

教育活動 / Educational Activities

その他の活動/ Other Activities (Conference Organization, Activity in Society,

Governmental/University/Institute Administration, Journal Editorial, Science Outreach
etc.)

主要論文 / Publications (Cumulative List, Recent 5 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

