

令和元年6月18日現在

機関番号：14603

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2014～2018

課題番号：26105001

研究課題名(和文)3D活性サイト科学のプラットフォーム構築による総括と研究支援

研究課題名(英文)Supervision and research support by platform construction of 3D active-site science

研究代表者

大門 寛(DAIMON, Hiroshi)

奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・教授

研究者番号：20126121

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 188,690,000円

研究成果の概要(和文)：高度な実験環境を整え、放射光利用申請や解析を支援して構成員の研究と連携を活性化し、多くの成果報告会やシンポジウム、アウトリーチ活動、サイトビジットなどを行うことにより、領域内の相互理解が進み、数多くの共同研究や融合研究が進んだ。領域の成果をまとめた英文雑誌の特集号、日本語と英語の教科書の出版により、知識を世界へ普及した。春の学校やポスター賞の授与、国際会議の旅費の補助を行って多くの若手を育成した。これらは日本語と英語の領域ホームページとNews Letterの発行によって広く社会に発信した。その結果、日本の誇る先端材料の機能発現に重要な孤立活性原子周りの原子配列の科学を創設することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本の産業の強みである先端機能材料は、種々の元素を添加して高機能化したものが多い。太陽電池や触媒・たんぱく質における重要な反応は、活性中心の一つの原子が司っている。これらの活性中心の原子がどのようにして高機能を発現しているかを知ることが、今後の産業の発展に本質的であるが、これらの原子は孤立しているために通常のX線構造解析の手法が使えない。本領域では、我が国が開発した3D原子イメージング法を適用することによって、これらの活性中心原子の役割を初めて解明することに成功した。これにより、産業界に貴重な知見を供給したとともに、新しい「局所機能構造科学」を創設することができた。

研究成果の概要(英文)：By preparing a high-level experimental environment, and supporting application and analysis of synchrotron research, we activated the research and collaboration among members. By conducting many results briefing sessions, symposia, outreach activities, site visits, etc., we enhanced mutual understanding and many collaborations in fusion area. Our advanced knowledge was spread to the world through the special issue of English magazines and the publication of Japanese and English textbooks. We have fostered many young scientists by giving spring school and poster awards and subsidizing travel expenses for international conferences. These were widely spread through the issuance of Japanese and English domain homepages and News Letter. As a result, we were able to create the science of atomic arrangement around isolated active atoms, which is important for the functional advanced materials in Japan.

研究分野：数物系科学

キーワード：ドーパント 界面 ナノ物質 光電子ホログラフィー 蛍光X線ホログラフィー 表面界面ホログラフィー
電子回折イメージング 第一原理計算

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

局所的な「活性サイト」が、先端機能発現の重要な役割を担っているが、並進対称構造を持たないためにX線回折などで構造解析ができず、計測根拠を持って探究する学理が存在しなかった。例えば、半導体産業の「米」であるシリコンでさえ、ボロンやヒ素といったドーパントの局所構造を観測せず、活性サイトの構造が正確に把握されないまま、計測根拠なく旧態依然の錬金術的材料開発が進められていた。このような根本問題に多くの材料科学研究者達が直面しているが、この根本的なニーズに正面から果敢に取り組むことの出来る次世代計測科学を包括する学術領域がこれまで全く存在しなかった。しかしながら、高度なドーブ技術などを駆使する先端材料分野における熾烈な国際競争を勝ち抜くためには、ドーパント・界面構造・ナノ構造体等の活性サイトの正確な3D構造評価に基づく物質デザインが必要不可欠となる。

幸い日本では、物性を支配する局在構造を選択的に狙い、三次元原子配列を正確に決定できる3D原子イメージング技術がいくつかのグループで開発されて基盤技術が整っていた。新学術領域研究で組織的に推進することによって、この分野を強力に進め、材料科学や生命科学からのニーズに応じて産業界に貢献するとともに、3D活性サイトを深く探究する学術領域を切り拓く時期が来ていた。

2. 研究の目的

本領域「3D活性サイト科学」では、触媒、太陽電池、スピントロニクス材料、そしてタンパク質分子等、極めて幅広い試料対象において、「活性サイト原子」がどのように周辺原子と協調し、3次元的に機能を発現しているのかを、日本で開発された3D原子イメージング技術で解明する。その結果を基にして、計測根拠のある新たな「局所構造物性科学」という学理と新規デバイス創出の道筋を切り拓くことを目的とした。

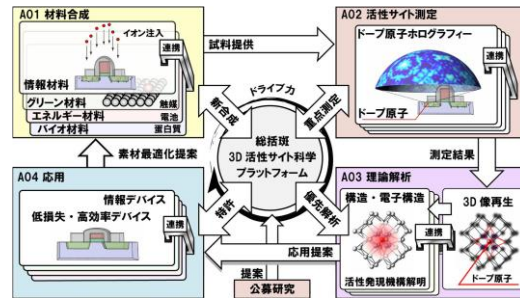


図1 領域組織と研究計画の流れ

3. 研究の方法

図1に領域組織と研究の流れを示す。試料

班(A01)は、比較的取り組みやすい無機物質から、チャレンジングなバイオ試料までの高度な試料を準備する。測定班(A02)は、3D原子イメージング技術によって孤立活性原子周りの原子配列を計測する。理論班(A03)は、その計測根拠に基づき、第一原理計算を駆使して孤立活性サイトの機能解明を行う。応用班(A04)は得られた知見を統合し、新たな革新材料に対する提言を行う。

総括班は、これら計画班と公募班の活動が連携して組織的に推進できるように統括するとともに、共通の大型装置の建設と整備を行い、円滑な利用を図った。更に海外研究者との交流や海外施設利用も含む共同研究も行うこととした。我々が率先して、欧米だけでなくアジアを含む海外での主導的な役割を果たし、国際的研究コミュニティの形成をも目指した。また、「3D活性サイト科学」分野を大きく広げ、この技術を産業界とも連携し広く普及を目指した。このようにして、学術領域としての成果を海外や国内外の産業界へ発信することにより、国際的存在感を確固たるものにし、日本の科学技術の大幅な向上・強化を行う**世界拠点 Center for 3D active site science**を形成することとした。図2のような組織を作って、総括班評価者と学術調査官の助言を得ながら活動した。

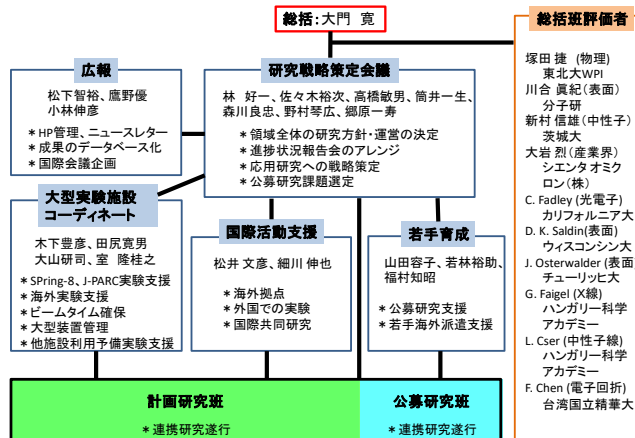


図2 総括班組織

共同研究も行うこととした。我々が率先して、欧米だけでなくアジアを含む海外での主導的な役割を果たし、国際的研究コミュニティの形成をも目指した。また、「3D活性サイト科学」分野を大きく広げ、この技術を産業界とも連携し広く普及を目指した。このようにして、学術領域としての成果を海外や国内外の産業界へ発信することにより、国際的存在感を確固たるものにし、日本の科学技術の大幅な向上・強化を行う**世界拠点 Center for 3D active site science**を形成することとした。図2のような組織を作って、総括班評価者と学術調査官の助言を得ながら活動した。

- (1) 「研究戦略策定」担当は、領域内の相互理解を進めて共同研究や融合研究を助長するように、領域全体の研究方針・運営の決定を行い、毎年2回の成果報告会、サイトビジット、アウトリーチ活動などの企画運営を行った。
- (2) 「大型実験施設コーディネート」担当は、共通な実験施設である放射光施設に高度な実験環境を整えて共通実験プラットフォームを構築し、SPRING-8内の領域拠点室を利用して、課題申請など利用者支援を行った。
- (3) 「若手育成」担当は、若手の育成・教育・支援を目的として、「春の学校」、チュートリアル開催、公募班キックオフミーティングの開催、成果報告会や公開ワークショップなど

におけるポスター賞（賞状と副賞として国際会議参加補助）の授与などを行った。

- (4) 「広報活動」担当は日本語と英語の公式ホームページ (<http://www.3d-activesite.jp/home>) を運用し、News Letter の発行を行った。
- (5) 「国際活動支援」担当は海外拠点活動、国際共同研究、国際会議開催を行った。

4. 研究成果

領域研究の成果としては、当初の目標であった半導体中のドーパントの価数選択ホログラフィーに成功した他、触媒、有機デバイス、さらには困難が予想されたたんぱく質についてもデータが得られたなど、予想以上の成果が多数得られている。具体的な研究成果については、各計画班の成果報告書を参照していただくこととして、ここでは総括班の果たした役割とその成果について述べる。

(1) 総括班会議（計 35 回）

審査結果の所見には「大規模な研究組織であるために総括班の果たす役割の重要性と領域代表者のリーダーシップ」について求められていた。この指摘に従い、総括班においては組織運営を強化するために、計画研究代表者・総括班の各担当の長からは、3ヶ月に一回の報告書の提出を義務づけた。この報告書を元に、総括班会議で重点研究項目や改善が必要な研究テーマに対して議論を行った。但し、3ヶ月の報告書については「負担にならぬように」という指摘が中間評価にあり、十分役割を果たしたと判断したため4年目以降は中止した。

(2) 成果報告会（計 9 回）

第1回：2015年3月 国際高等研、第2回：2015年9月 KEK、第3回：2016年3月名工大、第4回：2016年9月 阪大、第5回：2017年3月 伊豆山、第6回：2017年10月 MAX IV、第7回：2018年3月 広島市大、第8回：2018年10月 茨城大、第9回：2019年3月 奈良先端大。

第6回は海外拠点の下準備としてスウェーデンで行った。

(3) 国内・国際ワークショップの開催

次のようなワークショップを開催した。国際ワークショップにおいては、国際活動支援班と協力し、国際アドバイザーの方にも来ていただいた。

- 2014年11月21日-22日 公開ワークショップ、CIVI 研修センター新大阪東
- 2015年4月26日-30日 国際ワークショップ、Bad Honnef, Germany
- 2016年7月1日 国際会議 VUVX-2016 のサテライトワークショップ、チューリヒ
- 2016年12月20日-21日 東京大学物性研究所短期研究会を、他の領域「原子層科学」と共催。
- 2017年10月2日-3日 スウェーデン日本合同ワークショップ Lund University and MAX IV in Lund, Sweden
- 2018年10月4日~6日 国際会議 (TASPEC (広島大学) を共催。
- 2019年2月4日 国際ワークショップ”Symposium on 3D Active-site Science in London” をロンドンの駐英日本大使館で開催。
- 他学会中の主催シンポジウム（計9回）
日本物理学会（2015年）、マイクロビームアナリシス141委員会（2015年）、日本生物物理学会（2015年、2016年、2017年）、Atomic Level Characterization（2015年、2017年）、日本放射光学学会（2016年）、応用物理学会（2018年）



図3 第2回成果報告会



図4 「原子層科学」と共催した物性研短期研究会



図5 ロンドン駐英日本大使館国際ワークショップ。(上)集合写真、(下左)鶴岡公二駐英特命全權大使に領域の英語の教科書を謹呈した。

- 物性科学領域横断研究会の共催・主催
物性科学の新学術グループが毎年8グループくらい集まって領域横断研究会を開催しているが、我々は2年度から毎年参加して共催し、2018年度は主催した。

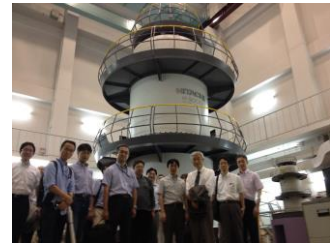


図6 サイトビジット大阪大

(4) サイトビジット (計9回、11か所)

相互理解を深め、領域内の意思統一を図るためのサイトビジットについては、合計9回企画し、領域代表者立ち合いの下、グループ個別に連携研究の強化についてきめ細かく指導を行った。

- 2015年 (筑波大学、大阪大学豊中キャンパス、吹田キャンパス、名城大学、岡山大学)
- 2016年 (首都大学東京、東京工業大学、九州大学)
- 2018年 (広島市立大学、奈良先端科学技術大学院大学、J-PARC)



(5) 領域拠点形成

大型放射光施設の円滑な利用の促進と、構成員の研究支援、情報発信などを効率的に行うための拠点を図7のように3か所開設した。

- 2014年09月03日 領域事務所を奈良先端科学技術大学院大学に開設
- 2015年03月02日 領域拠点室を SPring-8 に開設
- 2018年08月海外拠点の足掛かりとして、本領域の卒業生 (橋本由介氏) をポスドク研究員として MAX IV に派遣、班員が共同研究に行っている。



図7 領域拠点

(6) プラットフォーム創設

SPring-8等の大型施設における領域メンバーの研究に資するために、実験プラットフォームを総括班で整備した。既存設備である2次元表示型の光電子アナライザ DIANA (Display-type ANALYZER) での嫌気性サンプルを含む多様な測定に対応するため、グローブボックス (図8) や UHV スーツケースなど、大気にさらさずにサンプルを測定装置に持ち込める設備を導入した。また、より高分解能測定を目指し、高分解能光電子分析器 DA30 や、阻止電位型電子分析器 RFA や、新しい分析器 PESCATORA、DELMA の整備も進めた。また、低温測定用のクライオスタットなども導入した。蛍光 X線ホログラフィーの装置を、常駐に近い形で整備した。また、高効率の検出器も整備し、測定時間の短縮の他、データの質も格段に改善した。この装置は、マイクロビームを用いた微小領域測定にも有用である。

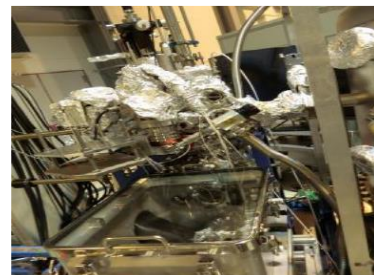


図8 グローブボックス

(7) ビームタイの確保

大型放射光実験施設における実験については、安定したビームタイの確保が重要な案件であった。総括班内の大型施設コーディネーターが具体策を練り、3年間有効な SPring-8 の長期利用課題 (年間約26日のビームタイム) を A02 林が獲得し、3年間有効な Photon Factory の S 課題 (年間約37日のビームタイム) を A02 若林が獲得した。SPring-8 においては、成果公開優先課題 (8時間あたり131千円) についても、総括班予算で年間10日程取得し、ビームタイムの確保に努めた。一般課題については、公募班も含め過去5年間に SPring-8 に292件の申請を行い、221件が採択された。平均的な採択率が6割程度であることを考慮すれば、総括班が主導した提案書作成の指導が奏功した結果と考えている。

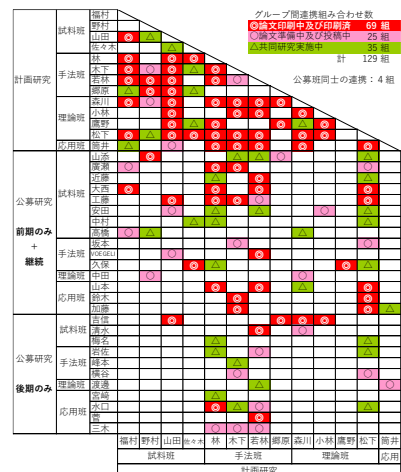


図9 連携マトリックス

(11) 連携の促進

図9は計画班と公募班の連携をマトリックスにしたものである。非常に多くの連携(129組)が実践されていることがわかる。これは総括班の活動によって、100名を超えるメンバーの相互理解と連携が大きく進んだことを示している。その中でも、80組が公募班を含む連携であるが、これは総括班が公募班の研究者に原子ホログラフィーの支援を積極的にした結果であり、個人では不可能であった研究を、領域が可能にしたことを示している。

(8)若手育成

- チュートリアルを含む「春の学校」(図10)は2015年度から毎年行った。
- 成果報告会や公開ワークショップなどにおいてポスター賞を授与し、副賞として国際会議参加補助を行った。
- 公募班キックオフミーティングは2015年度と2017年度に行った。



図10 2015年春の学校

(9)アウトリーチ活動

我々の活動を社会に発信・還元し、将来の若手科学者の数を増やす目的で毎年2回程度のアウトリーチ活動を行った。

- コンピュータショナル・マテリアルズ・デザイン(CMD)ワークショップ(2015年から毎年2回、大阪大学)
- ひらめき☆ときめきサイエンス(2015年、首都大学東京)
- サイエンスアゴラ(2015年、2016年、2018年、日本科学未来館)
- 科学教室(2016年、大阪市立科学館)
- 模擬授業(2017年、福島県立磐城高校、2017年、茨城県立中央高校、2018年、茨城高校)
- 科学の屋台村(2017年、2018年、姫路科学館)
- 市民公開講座(2017年、国立国会図書館関西館)

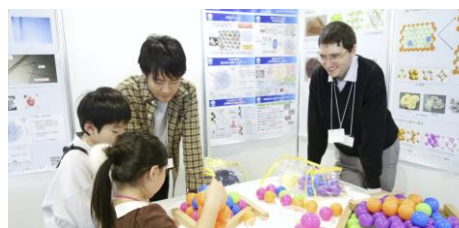


図11 サイエンスアゴラ2018

(10)出版

若手や新規参入者の啓蒙および本領域の活動の国際発信と学理創成のための出版を行った。

- 日本語版3D教科書「機能構造科学入門」(丸善)2016年7月5日出版
- 英語版3D教科書「3D Local Structure and Functionality Design of Materials」(丸善, World Scientific)2019年2月出版
- JPSJ特集号(J. Phys. Soc. Jpn, 87(6)(2018))出版



図12 日本語と英語版の教科書とJPSJ特集号

(11)新しい学理の創成とまとめ

新しい学理としては、まず本領域で研究対象としていた非周期の局所構造の解明が基本になる。(1)から(10)までの活動を組織的に進めた結果、領域の期間内で300を超える試料について測定がなされ、データベースを作れるだけの解析が進んだことは大きな成果である。それらの構造は、簡単には予測できなかったものが多く、これは新しい局所構造科学が始まったことを意味している。局所構造を決めるだけではなく、機能の改変や向上が得られれば社会に役立つことになるが、既にいくつかの予想がされている。例えば、上記の半導体中のドーパントの価数選択ホログラフィーでは、3種類の構造が得られているが、その中の不活性なものを活性にするための処方箋が理論班から提案されている。このように、本領域を推進することによって、局所構造の初めての知識の集積、その理論的解明、およびそれらを基にした機能向上の提案、という新しい学理を開くことに成功したと言える。このことは、日本の誇る先端材料について、機能発現の原子レベルでの解明と改良の研究を始めることができたことを意味している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(総件数 550件)

- (1) M. Taguchi, F. Matsui, N. Maejima, H. Matsui, H. Daimon, Disorder and mixed valence properties of Sr₂FeMoO₆ studied by photoelectron diffraction and x-ray absorption spectroscopy, Surf. Sci. 査読有, 683, 2019, 53-56. DOI: 10.1016/j.susc.2019.02.001
- (2) Y. Hashimoto, M. Taguchi, S. Fukami, H. Momono, T. Matsushita, H. Matsuda, F. Matsui, H. Daimon, Site-Sensitive X-ray Photoelectron Spectroscopy of Fe₃₀₄ by Photoelectron

Diffraction Surface and Interface Analysis, 査読有, 51, 2019, 115-119.
DOI:10.1002/sia.6568

- (3) Hiroo Tajiri, Hiroshi Yamazaki, Haruhiko Ohashi, Shunji Goto, Osami Sakata and Tetsuya Ishikawa, A Middle Energy-bandwidth X-ray Monochromator for High-flux Synchrotron Diffraction: Revisiting Asymmetrically cut Silicon Crystals, Journal of Synchrotron Radiation, 査読有, vol. 26, 2019, pp. 750-755, DOI: 10.1107/S1600577519003473
- (4) Daimon H, 3D Atomic Structure Analysis Around Local Active Atoms by Two-Dimensional Photoelectron Diffraction and Holography, Multiple Scattering Theory for Spectroscopies, Springer Proceedings in Physics, 査読有, 2018, 204. Pp319-325, DOI:10.1007/978-3-319-73811-6_18
- (5) S. Fukami, M. Taguchi, Y. Adachi, K. Watanabe, T. Kinoshita, T. Muro, T. Matsushita, F. Matsui, H. Daimon, T. T. Suzuki, Correlation between high gas sensitivity and dopant structure in W-doped ZnO, Phys. Rev. Appl. 査読有, 2017, 7, 064029-1-6, DOI:10.1103/PhysRevApplied.7.064029
- (6) H. Yoshizawa, H. Toyota, S. Nakamura, M. Yamazaki, N. Uchitomi, Structural and ferromagnetic properties of InMnAs thin films including MnAs nanoclusters grown on InP substrates, Thin Solid Films, 査読有, 2017, 622, 136-141, DOI:10.1016/j.tsf.2016.12.020S.

[学会発表] (総件数 520 件)

- (1) 3D Imaging of atomic arrangement around specific atoms using atomic-resolution stereography and holography (Plenary), Hiroshi Daimon, 2017
- (2) 3D local structure science of active-site by atomic-resolution stereography and holography (基調講演), Hiroshi Daimon, EM-NANO2017, 2017

[図書] (計 10 件)

- (1) Hiroshi Daimon, Yuji C. Sasaki, World Scientific Pub Co Inc, 3D Local Structure and Functionality Design of Materials, 2019, 209
- (2) 若林 裕助, 丸善出版, 構造物性物理とX線回折, 2017, 288
- (3) 大門寛, 佐々木裕次, 丸善出版, 機能構造科学入門-3D活性サイトと物質デザイン, 2016, 166
- (4) T. Fukumura, Wiley, Spintronics for Next Generation Innovative Devices, 2015, 280
- (5) K. Hirose, N. Kobayashi, Pan Stanford Publishing, Quantum transport calculations for nanosystems, 2014, 512
- (6) 鷹野 優, 他 35 名, 三共出版, 金属錯体の量子・計算化学, 2014, 540

[産業財産権]

○出願状況 (計 2 件)

- (1) 名称: 減速比可変球面収差補正静電レンズ、広角エネルギーアナライザ、及び、二次元電子分光装置
発明者: 松田博之、大門寛、トス ラスロ
権利者: 同上
種類: 特許
番号: 特願 2018-091020
出願年: 2018 年
国内外の別: 国内
- (2) 名称: 阻止電位型エネルギー分析器
発明者: 室隆桂之・松下智裕
権利者: 同上
種類: 特許
番号: PCT/JP2016/051742
出願年: 2016 年
国内外の別: 国内

[その他]

- (1) ホームページ等
新学術領域研究「3D 活性サイト科学」<http://www.3d-activesite.jp/home>
3D Active-Site Science(英語) <http://www.en.3d-activesite.jp/>
- (2) Y o u T u b e 新学術領域研究「3D 活性サイト科学」
<https://www.youtube.com/channel/UCHw9VgK5N5Lx702hrj6QzBA>

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 小林 伸彦

ローマ字氏名: KOBAYASHI, Nobuhiko

所属研究機関名: 筑波大学

部局名: 数理物質系

職名: 准教授

研究者番号 (8桁): 10311341

研究分担者氏名: 松下 智裕

ローマ字氏名: MATSUSHITA, Tomohiro

所属研究機関名: 公益財団法人高輝度光科学研究センター

部局名: 情報処理推進室

職名: 室長・主席研究員

研究者番号 (8桁): 10373523

研究分担者氏名: 高橋 敏男

ローマ字氏名: TAKAHASHI, Toshio

所属研究機関名: 東京学芸大学

部局名: 教育学部

職名: 研究員

研究者番号 (8桁): 20107395

研究分担者氏名: 林 好一

ローマ字氏名: HAYASHI, Koichi

所属研究機関名: 名古屋工業大学

部局名: 工学 (系) 研究科 (研究院)

職名: 教授

研究者番号 (8桁): 20283632

研究分担者氏名: 野村 琴広

ローマ字氏名: NOMURA, Kotohiro

所属研究機関名: 首都大学東京

部局名: 理学研究科

職名: 教授

研究者番号 (8桁): 20304165

研究分担者氏名: 山田 容子

ローマ字氏名: YAMADA, Hiroko

所属研究機関名: 奈良先端科学技術大学院大学

部局名: 先端科学技術研究科

職名: 教授

研究者番号 (8桁): 20372724

研究分担者氏名: 細川 伸也
ローマ字氏名: HOSOKAWA, Shinya
所属研究機関名: 熊本大学
部局名: 大学院先端科学研究部 (理)
職名: 教授
研究者番号 (8桁): 30183601

研究分担者氏名: 佐々木 裕次
ローマ字氏名: SASAKI, Yuji
所属研究機関名: 東京大学
部局名: 大学院新領域創成科学研究科
職名: 教授
研究者番号 (8桁): 30344401

研究分担者氏名: 鷹野 優
ローマ字氏名: TAKANO, Yu
所属研究機関名: 広島市立大学
部局名: 情報科学研究科
職名: 教授
研究者番号 (8桁): 30403017

研究分担者氏名: 郷原 一寿
ローマ字氏名: GOHARA, Kazutoshi
所属研究機関名: 北海道大学
部局名: 工学研究院
職名: 教授
研究者番号 (8桁): 40153746

研究分担者氏名: 若林 裕助
ローマ字氏名: WAKABAYASHI, Yusuke
所属研究機関名: 大阪大学
部局名: 基礎工学研究科
職名: 准教授
研究者番号 (8桁): 40334205

研究分担者氏名: 室 隆桂之
ローマ字氏名: MURO, Takayuki
所属研究機関名: 公益財団法人高輝度光科学研究センター
部局名: 利用研究促進部門
職名: 主幹研究員
研究者番号 (8桁): 50416385

研究分担者氏名: 筒井 一生

ローマ字氏名: TSUTSUI, Kazuo

所属研究機関名: 東京工業大学

部局名: 科学技術創成研究院

職名: 教授

研究者番号 (8桁): 60188589

研究分担者氏名: 木下 豊彦

ローマ字氏名: KINOSHITA, Toyohiko

所属研究機関名: 公益財団法人高輝度光科学研究センター

部局名: 利用研究促進部門

職名: 主席研究員

研究者番号 (8桁): 60202040

研究分担者氏名: 大山 研司

ローマ字氏名: OHYAMA, Kenji

所属研究機関名: 茨城大学

部局名: 理工学研究科 (工学野)

職名: 教授

研究者番号 (8桁): 60241569

研究分担者氏名: 松井 文彦

ローマ字氏名: MATSUI, Fumihiko

所属研究機関名: 分子科学研究所

部局名: 極端紫外光研究施設

職名: 主任研究員

研究者番号 (8桁): 60324977

研究分担者氏名: 田尻 寛男

ローマ字氏名: TAJIRI, Hiroo

所属研究機関名: 公益財団法人高輝度光科学研究センター

部局名: 利用研究促進部門

職名: 研究員

研究者番号 (8桁): 70360831

研究分担者氏名: 森川 良忠

ローマ字氏名: MORIKAWA, Yoshitada

所属研究機関名: 大阪大学

部局名: 工学研究科

職名: 教授

研究者番号 (8桁): 80358184

研究分担者氏名: 福村 知昭

ローマ字氏名: FUKUMURA, Tomoaki

所属研究機関名: 東北大学

部局名: 材料科学高等研究所

職名: 教授

研究者番号 (8桁): 90333880

(2) 研究協力者

研究協力者氏名:

ローマ字氏名: