

## 6-2 メゾスコピック計測研究センター

メゾスコピック計測研究センター（以後「本センター」）は、旧分子制御レーザー開発研究センター（1997年4月設立）からの改組により、2017年4月に設立された。分子科学研究所の研究対象は、広い意味での分子物質であることは設立当初から変わらないが、当初は一つ一つの分子の挙動に重点をおいて注目されていたのが、最近では様々な分子やナノ構造体などがシステムを作って発現する機能・特性の解明と制御、及び新しい機能を持つシステムの構築に重点がシフトしてきている。それによって、分子の物質・エネルギー・情報変換能力を精緻に引き出すことが初めて可能になると考えられる。そのような新しい研究の方向性に対応する一つの方策として、分子科学研究所では2013年4月に協奏分子システム研究センターが設立されたところである。

分子計測の先端的手法では、時間、空間、波長、パワーなどにおいて極限に向かう方向が精力的に推し進められ、大きな成果を上げてきた。そうした手法では、理想化された極限条件下で系に大きなエネルギーの擾乱を与えて素過程の挙動を解析する方法が一般的であった。現在もその方式の重要性に変わりはないが、このような従来型計測法の可能性と限界も少しずつ明らかになってきている。本センターでは、従来の手法とは一線を画した、繊細・広帯域・多次元の計測解析手法で分子システムの挙動・機能のありのままの姿に迫り、また低摂動・超精密制御で新たな量子機能を創出する、革新的実験法の開発が必要という立場をとる。新たな分子能力の創発の現場を、マクロ階層の強靱でロバストな性質と、ミクロ階層の機能に富む特性が絡んだメゾスコピック領域に求め、分子の機能や反応の契機となる過程を明らかにするために、広い時空間領域で階層間のエネルギー・情報の変換を可視化させる新発想の計測開発手法を開発する。（ここでいうマクロ、ミクロ、メゾスコピックは、相対的な階層であり、扱う系によって実際のスケールは異なる。また空間だけではなく、時間領域についてもメゾスコピック領域が考えられる。）これらを通じて、分子の素過程が系全体の大域的な機能を生む機構を解明する研究などに主眼を置いて推進する。この目的のために、旧分子制御レーザー開発研究センターの研究業績・資産を引き継ぎながらも、分子科学研究所の基盤となる四つの領域から関連する研究を遂行する研究者の参画を得て、それらをまたぐ領域横断的なセンターとして設置することとした。これにより、同様な組織構成を取った協奏分子システム研究センターとともに、分子物質のシステムとしての挙動・機能を研究する両輪として研究活動を展開することが可能となった。

このような新しい分子計測制御法を開発・利用していくためのセンターとして、2017年4月の発足時に以下の3部門と担当教員を置くこととした。

(1) 物質量子計測研究部門：大森賢治（教授、光分子科学研究領域からの兼任）、信定克幸（准教授、理論・計算分子科学研究領域からの兼任）

(2) 繊細計測研究部門：岡本裕巳（教授・センター長、専任）、平等拓範（准教授、専任）

(3) 広帯域相関計測解析研究部門：飯野亮太（教授、生命・錯体分子科学研究領域からの兼任）、藤 貴夫（准教授、専任）

専任研究グループに所属する助教等のスタッフも本センターの各研究部門に所属する。また、旧分子制御レーザー開発研究センターに所属した技術職員も、引き続き本センターに所属させる。今後分子科学研究所に採用される教授・准教授も、状況に応じて上記のいずれかの部門の専任または兼任ポストを占めることが想定されている。それぞれの部門の任務は、(1) 蓄積のある光観測・制御法を先鋭化し、更に量子系の構造変形を操作することによって、新しい量子相を作り出して制御し、量子情報処理など新規な分子の能力を引き出す；(2) 時空間を分解した計測法、増強光場を利用した超高感度・並列計測等による低摂動で繊細な分子計測法等を開発し、分子のありのままの姿を非破壊的に観測する；(3) 多変数スペクトロスコピー・多次元解析手法、高分解能広帯域計測法とその解析法を開発して分子の能力とそれを司る物理過程を明らかにし、従来とは質の異なる情報を獲得する革新的手法を開拓する；等を目指している。なお、信定准教授は2018年1月に残念ながら逝去された。平等准教授は2018年10月に理化学研究所（放射光科学研究センター）に、また藤准教授は2019年

4月に豊田工業大学に、それぞれ転出した。これらの研究領域の扱いについては今後の検討となる。一方、2018年5月には杉本敏樹准教授（物質量子計測研究部門）が物質分子科学研究領域からの、また2019年11月には江原正博教授（繊維計測研究部門）と南谷英美准教授（物質量子計測研究部門）が理論・計算分子科学研究領域からの併任として就任した。南谷准教授は2022年9月に大阪大学に転出した。2021年4月からは、熊谷 崇准教授が広帯域相関計測解析研究部門に専任で就任した。

以上のような方針で分子システムの計測解析に関する研究を遂行すること、及びそれを通じて我が国の関連研究コミュニティにおける人材育成に寄与することが本センターの主なミッションであるが、同時にここで開発された新しいメゾスコピック計測手法を共同研究に供することも重要な機能の一つである。各研究グループの協力研究やその他のチャネルの共同研究を通じてそれを実施するほか、適宜醸成された計測手法・技術に関するセミナー等を開催する。また、さらに新たな革新的計測手法の開拓を念頭に置いた、萌芽的研究テーマとアイデアの発掘、可能性及び将来構想を議論する研究会等の開催も行っている。旧分子制御レーザー開発研究センターでは、分子科学研究所と理化学研究所の連携融合事業「エクストリーム・フォトニクス」を推進する母体となり、その主な研究活動終了後も、合同シンポジウム等の活動を自主的に継続してきたが、本センターはこの活動の継続のための推進母体ともなることが想定されている。なお、旧分子制御レーザー開発研究センターは、発足当初、種々の共用機器を保有して施設利用に供していたが、現在ではそれらの機器とその利用は全て機器センターに移っており、それを受けて本センターでは施設利用は想定していない。

## 織細計測研究部門

岡 本 裕 巳（教授）（2000 年 11 月 1 日着任）

山西 絢介（特任助教）

AHN, Hyo-Yong（特任助教（新分野創成センター））

CHENG, An-Chieh（特任助教）

成島 哲也（特別訪問研究員）

石川 晶子（技術支援員）

伊藤 敦子（事務支援員）

A-1) 専門領域：ナノ光物理化学

A-2) 研究課題：

- a) キラルナノ・マイクロ物質における局所的なキラル光学効果とその応用
- b) 光によるナノ物質の力学操作手法の開発

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 光学活性分光手法と顕微イメージングを組み合わせた新手法を開発し、それらを用いたナノ・マイクロ物質の局所光学活性に関する基礎研究、及び応用研究を推進している。ナノレベルの空間分解能での測定が可能な近接場光学顕微鏡による光学活性イメージングでは、主にキラルな構造を持つ金ナノ構造体を対象とし、局所的な円二色性信号が巨視的な円二色性信号に比べて極めて大きくなること、高い対称性を持つアキラルな金属ナノ構造においても局所的には強い光学活性を示すこと、局所的な誘起双極子が局所的な円偏光場の起源になること等、幾つかの基礎的に重要な結果を得た。その成果を基礎として、蛍光分子とキラルな金属ナノ構造の組み合わせにより、高い円偏光度を示す蛍光が得られ、その起源をプラズモンモードとの関連において明らかにした。通常の遠方場の顕微鏡においても光学活性によるイメージングは国際的にも未開拓であるが、我々は高い精度・確度で顕微光学活性イメージングを可能とする実験手法を開発し、微結晶試料、生体組織等への応用を、共同研究を通じて推進している。キラルな構造を持つ金属有機構造体（MOF）微結晶の掌性同定に成功しており、多数の微結晶の掌性同定に有効であることを示した。液晶分子集合体をテンプレートとした螺旋状金微粒子集合体では、螺旋の掌性による円二色性信号の差を検出することに成功した。所内の共同研究で、有機スピントロニクス物質のキラル結晶の掌性同定にも有効に活用された。この他に主として所外の研究者と共同で、様々なキラルナノ物質の観察・同定に用いる研究を推進し、また円二色性イメージングの医療応用を想定した基礎研究も、医科学分野の研究者と共同で開始している。更に感度や測定速度を向上させる試み、波長範囲を拡張する試み等を推進している。また、それらの基盤的情報に基づき、円偏光によるキラル構造物質の創出に関する研究展開も進めている。
- b) レーザー光を強く集光すると、その焦点に微粒子がトラップされる（光トラッピング）。非線形効果、共鳴効果、偏光を有効利用することで、このような光による力学的マニピュレーションの自由度が格段に広がることが予想される。この研究展開を図ることを、現在の研究活動の今一つの柱としている。キラルな物質においては、左右円偏光に対する力学的な作用が異なることが期待され、我々はキラル金ナノ微粒子の円偏光による光トラッピングを行いその挙動を調べた。その結果、光トラッピングに関する従来知られている機構では説明困難な部分が見いだされ、理論的

に解釈した。これにより、キラル物質の光マニピュレーションの基礎となる知見を得た。また現在、このような光の力学作用を利用した、原子間力顕微鏡の原理に基づく顕微イメージング法（光誘起力顕微鏡）でナノ構造上のキラルな光場を可視化する手法の開発も行っている。

B-1) 学術論文

**K. ENDO, S. HASHIYADA, T. NARUSHIMA, Y. TOGAWA and H. OKAMOTO**, “Circular Dichroism of Pseudo-Two-Dimensional Metal Nanostructures: Rotational Symmetry and Reciprocity,” *J. Chem. Phys.* **159(23)**, 234706 (2023). DOI: 10.1063/5.0178943

**J. YAMANISHI, H.-Y. AHN and H. OKAMOTO**, “Nanoscopic Observation of Chiro-Optical Force,” *Nano Lett.* **23(20)**, 9347–9352 (2023). DOI: 10.1021/acs.nanolett.3c02534

B-2) 国際会議のプロシーディングス

**J. YAMANISHI, H.-Y. AHN and H. OKAMOTO**, “Nanoscopic Visualization of Chiro-Optical Field in Photoinduced Force Microscopy,” *Proc. SPIE* **12606**, 126060P (2023). DOI: 10.1117/12.3008343

B-4) 招待講演

**H.-Y. AHN**, “Chiroplasmonic nanoparticle for strong chiral light emission,” 物質・デバイス領域共同研究セミナー, 札幌, 2023年11月.

岡本裕巳, 「キラルな光－物質相互作用によるイメージング計測, 物理的・化学的効果」, 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 熊本, 2023年9月.

岡本裕巳, 「局所的なキラル光学効果を観測する顕微イメージング」, 第24回プラズモニク化学シンポジウム, 東京, 2023年6月.

**H. OKAMOTO**, “Chiro-Optical Effects of Nano-/Micro-Materials: Microscopic Imaging and Chiral Light-Matter Interaction,” 19<sup>th</sup> International Conference on Chiroptical Spectroscopy (CD2023), Hiroshima (Japan), September 2023.

**H. OKAMOTO, S. HASHIYADA and T. NARUSHIMA**, “Chiro-Optical Microscopic Imaging of Nano-/Micro-Materials,” International Conference on Materials Science, Engineering and Technology, Singapore 2023, Singapore (Singapore), September 2023.

**H. OKAMOTO**, “Chiro-optical effects of plasmonic materials: Microscopic imaging and chiral near-field interaction with molecules,” The 31<sup>st</sup> International Conference on Photochemistry (ICP2023), Sapporo (Japan), July 2023.

**H. OKAMOTO, J. YAMANISHI and H.-Y. AHN**, “Chiro-optical gradient forces in chiral nanomaterials,” 13<sup>th</sup> International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics (META2023), Paris (France), July 2023.

**H. OKAMOTO**, “Imaging with Local Chiro-Optical Effects and Chiral Light-Matter Interaction,” Department Seminar, Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University, Seoul (Korea), July 2023.

**J. YAMANISHI, T. TORIMOTO, H. ISHIHARA, H. OKAMOTO and Y. SUGAWARA**, “Nanospectroscopy of Optical Force,” The 14<sup>th</sup> Asia-Pacific Conference on Near-Field Optics (APNFO14), Busan (Korea), June 2023.

**H. OKAMOTO**, “Imaging with Local Chiro-Optical Effects and Chiral Light-Matter Interaction,” Open Seminar, The University of Glasgow, Glasgow (U. K.), June 2023.

H. OKAMOTO, “Chiro-optical microscopic imaging of plasmonic materials and chiral near-field interaction with molecules,”  
9<sup>th</sup> International Conference on Antennas and Electromagnetic Systems (AES2023), Torremolinos (Spain), June 2023.

B-5) 特許出願

特願 2022-120944, 「光誘起力測定装置, 光誘起力顕微鏡及び光誘起量測定方法」, 山西 絢介, 岡本 裕巳 (自然科学研究機構), 2022 年.

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

プラズモニク化学研究会副会長 (2020–).

学会の組織委員等

The 31<sup>st</sup> International Conference on Photochemistry (ICP2023), National scientific committee member (2022–).

14<sup>th</sup> International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics (META2024), Organizing Committee (2023–).

34<sup>th</sup> International Symposium on Chirality, Local Organizing Committee (2024–).

文部科学省, 学術振興会, 大学共同利用機関等の委員等

日本学術会議会員 (2020–2026), 化学委員会幹事 (2020–2023), 化学委員会物理化学・生物物理化学分科会委員長 (2020–2023), 化学委員会分析化学分科会世話人 (2020–2023), 化学委員会委員長 (2023–2026).

東京大学アト秒レーザー科学研究機構 連携協議会委員 (2023–2024).

B-8) 大学等での講義, 客員

早稲田大学理工学術院, 客員教授, 「先端ナノ光物理化学特論」, 2023 年 9 月–2024 年 3 月.

早稲田大学理工学術院, オムニバス講義のコマ担当, 「理工文化論」, 2023 年 4 月–.

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究 (A), 「高精度円偏光二色性イメージングによるキラリティ時空間構造の可視化」, 岡本裕巳 (2021 年度–2024 年度).

科研費学術変革領域研究 (A), 「超螺旋光とナノレベル物質のキララな動的相互作用」, 岡本裕巳 (2022 年度–2026 年度).

科研費基盤研究 (B), 「シングル nm スケールでの物質の円偏光応答の解明」, 山西絢介 (2022 年度–2025 年度).

科研費学術変革領域研究 (A) (総括班), 「光の螺旋性が拓くキララ物質科学の変革」 (代表: 尾松 孝茂), 岡本裕巳 (研究分担者) (2022 年度–2026 年度).

C) 研究活動の課題と展望

着任以来, ナノ構造物質の観察と, 特徴的な光学的性質, 励起状態の超高速ダイナミクス等を探るための, 近接場分光イメージング装置を開発し, 試料の測定を行ってきた。その中で近接場光学活性イメージング法を開発して金属ナノ構造の局所光学活性, キララな光場の空間構造の解析に使い, そこからグループの主要な研究内容をキララ物質の局所光学活性のイメージングにシフトした。金属ナノ構造の近接場光学活性イメージングによって, 独自の実

験的情報を得ることができ、プラズモン由来の強くねじれた局所光場の存在、また対称性の高いアキラルな構造でも局所的に強い光学活性を示すという、ユニークな成果も得られた。これらの研究から得られたプラズモンのキラリティに関する性質を基礎として、キラルプラズモンが分子の特性に及ぼす効果に関する研究にも展開し、高い円偏光度を示す発光物質系を見出しその起源を解明するなど、成果が得られるようになってきた。通常の(遠方場)顕微鏡で精度の高い円二色性イメージングを可能とする装置開発も行い、これは物質開発、生物科学、結晶学等の様々な分野の研究者から興味を持って頂いている。これらの近接場及び遠方場円二色性イメージングは、今後様々なナノ構造光学活性物質の機能解明のための有力な実験手法になることを期待しており、国内外との共同研究を数件行っている。円二色性顕微鏡を更に汎用性の高い装置とする開発を継続し、企業との協力も視野に入れている。また物質および光のキラリティは磁性との相関においても興味を持たれ、ナノ光学の観点からこの方向への研究展開について実際の共同研究も行っている。更に、円二色性イメージングの医療応用に関する共同研究も開始している。微粒子の光による力学的マニピュレーションについても、キラル微粒子の光トラッピングに関する新たな成果が得られ、その展開も進めたい。これらを総合した新たな方向への展開として、キラルな光-物質相互作用による、物質キラリティの創出の試みを進める科研費学術変革領域研究(A)が今般採択され、これに貢献していきたい。

## 広帯域相関計測解析研究部門

熊谷 崇（准教授）（2021年4月1日着任）

西田 純（助教）

WANG, Yu（特任研究員）

伊藤 敦子（事務支援員）

A-1) 専門領域：物理化学，走査プローブ顕微鏡，近接場分光

A-2) 研究課題：探針増強顕微分光の先端計測を基軸としたナノ科学の研究

- a) 超高真空・低温探針増強顕微分光を応用したプラズモニクナノ接合における光と物質の相互作用についての研究
- b) 超短パルスレーザーを用いた探針増強顕微分光に基づく時空間極限における顕微分光の開発と超高速非平衡ダイナミクスについての研究
- c) 超高速・超広帯域探針増強顕微分光に基づく多次元・多変量ナノ顕微分光の開発と低次元ナノ物質への応用についての研究

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) プラズモニクナノ接合では，局在表面プラズモン共鳴の励起を介して強く局在化した光電場（プラズモン増強場）を発生させることができる。この強く局在化した光電場の性質と，それによって引き起こされる光物理・光化学現象について超高真空・低温探針増強顕微分光によって調べている。最近の重要な成果として，金属単結晶表面に吸着した単一原子のラマン散乱の計測を行い，原子スケールにまで閉じ込められた光電場の存在を証明し，原子スケールの光と物質の相互作用について新しい知見を与える研究を報告している [*ACS Nano* **17**, 10172 (2023)]。
- b) 超高真空・低温走査トンネル顕微鏡のプラズモニクナノ接合に発生する強く局在化した光電場を操る技術と，超短パルスレーザーとを組み合わせるアプローチによって時空間極限におけるナノ顕微分光の開発を行っている。具体的には，科研費・帰国発展研究に採択された研究課題として，低次元物質におけるフォノンダイナミクスを原子スケールで直接観測する研究に取り組んでいる。最近の重要な成果として，金属単結晶表面上にエピタキシャル成長させた酸化亜鉛超薄膜においてコヒーレントフォノンをナノスケールで直接観測することに成功している [*Science Advances* **8**, eabq5682 (2022)]。
- c) 原子間力顕微鏡に基づく非開口型近接場光顕微分光と，超高速・超広帯域パルスレーザーとを組み合わせた多次元・多変量ナノ顕微分光の開発を行っている。この新しい先端計測技術によって，次世代の機能性材料やデバイスの基盤となるナノ物質科学の分野へと展開していくことを目指している。これは分子科学研究所への着任に伴い新しく開始した研究課題であり，JST 創発的研究支援事業に採択されている内容である。最近の成果として，強相関物質である二酸化バナジウムのナノ粒子を計測し，その特徴的な絶縁体－金属相転移の微視的機構を解明した研究を報告している [*J. Phys. Chem. C* **127**, 16485 (2023)]。

#### B-1) 学術論文

**J. NISHIDA, A. OTOMO, T. KOITAYA, A. SHIOTARI, T. MINATO, R. IINO and T. KUMAGAI**, “Sub-Tip-Radius Near-Field Interactions in Nano-FTIR Vibrational Spectroscopy on Single Proteins,” *Nano Lett.* **24**(3), 836–843 (2024). DOI: 10.1021/acs.nanolett.3c03479

**C. LIN, F. KRECINIC, H. YOSHINO, A. HAMMUD, A. PAN, M. WOLF, M. MÜLLER and T. KUMAGAI**, “Continuous-Wave Multiphoton-Induced Electron Transfer in Tunnel Junctions Driven by Intense Plasmonic Fields,” *ACS Photonics* **10**(10), 3637–3646 (2023). DOI: 10.1021/acsphotonics.3c00714

**K. NISHIKAWA, J. NISHIDA, M. YOSHIMURA, K. NAKAMOTO, T. KUMAGAI and Y. WATANABE**, “Metastability in the Insulator–Metal Transition for Individual Vanadium Dioxide Nanoparticles,” *J. Phys. Chem. C* **127**(33), 16485–16495 (2023). DOI: 10.1021/acs.jpcc.3c02151

**S. LIU, F. P. BONAFE, H. APPEL, A. RUBIO, M. WOLF and T. KUMAGAI**, “Inelastic Light Scattering in the Vicinity of a Single-Atom Quantum Point Contact in a Plasmonic Picocavity,” *ACS Nano* **17**(11), 10172–10180 (2023). DOI: 10.1021/acsnano.3c00261

**R. WILCKEN, J. NISHIDA, J. F. TRIANA, A. JOHN-HERPIN, H. ALTUG, S. SHARMA, F. HERRERA and M. B. RASCHKE**, “Antenna-Coupled Infrared Nanospectroscopy of Intramolecular Vibrational Interaction,” *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* **120**(20), e2220852120 (2023). DOI: 10.1073/pnas.2220852120

**J. NISHIDA, P. T. S. CHANG, J. Y. YE, P. SHARMA, D. M. WHARTON, S. C. JOHNSON, S. E. SHAHEEN and M. B. RASCHKE**, “Nanoscale Heterogeneity of Ultrafast Many-Body Carrier Dynamics in Triple Cation Perovskites,” *Nat. Commun.* **13**, 6582 (2022). DOI: 10.1038/s41467-022-33935-0

#### B-2) 国際会議のプロシーディングス

**J. NISHIDA, A. OTOMO, R. IINO and T. KUMAGAI**, “Sub-Tip-Radius Near-Field Interactions in Nano-FTIR Vibrational Spectroscopy on Single Protein Particles,” *Enhanced Spectroscopies and Nanoimaging 2023*, 1265403 (2023). DOI: 10.1117/12.2676631

#### B-4) 招待講演

西田 純, 「赤外ナノ分光で挑むバルク物性とナノ物性の境界線」, 日本物理学会 2024 春季大会, オンライン開催, 2024 年 3 月.

熊谷 崇, 「Atomic-Scale Spectroscopy in Plasmonic Tunneling Junction」, 一般社団法人レーザー学会学術講演会第 44 回年次大会, 東京, 2024 年 1 月.

熊谷 崇, 「Exploring Atomic and Molecular Scale Structures and Dynamics by Tip-Enhanced Raman Spectroscopy」, 表面界面スペクトロスコピー 2023 [ISSP ワークショップ], 東京, 2023 年 12 月.

西田 純, 「赤外近接場分光によるキャリア・励起子の局所ダイナミクスの解明」, 自然科学研究機構先端光科学研究分野プロジェクト研究会, 岡崎, 2023 年 11 月.

西田 純, 「赤外ナノ・超高速分光の現状と赤外放射光の可能性」, UVSOR-SPring-8 赤外ビームライン合同ユーザーズミーティング, 岡崎, 2023 年 9 月.



**J. NISHIDA**, “Probing local carrier and exciton dynamics in spatially confined nanomaterials with infrared nano-spectroscopy,” Annual Meeting of the Japan Society of Vacuum and Surface Science 2023 (JVSS 2023), Nagoya (Japan). November 2023.

**T. KUMAGAI**, “Atomic-Scale Optical Spectroscopy at Surfaces,” SPIE Nanoscience + Engineering, San Diego (USA), August 2023.

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

日本表面真空学会中部支部幹事 (2023–).

B-8) 大学等での講義, 客員

北海道大学, 客員准教授, 2020 年 4 月–.

京都大学大学院理学研究科, 客員准教授, 2023 年 4 月–2024 年 3 月.

B-10) 競争的資金

科研費国際共同研究加速基金 (帰国発展研究), 「時間分解探針増強ラマン分光による時空間極限における原子層物質のフォノン計測」, 熊谷 崇 (2021 年度–2023 年度).

科学技術振興機構創発的研究支援事業 (受託研究), 「時空間極限における革新的光科学の創出」, 熊谷 崇 (2021 年度–2027 年度).

科研費若手研究, 「時空間極限分光測定による有機鉛ペロプスカイトの電子–格子相互作用の実時空間観測」, 西田 純 (2022 年度–2023 年度).

光科学技術研究振興財団研究助成, 「超高速赤外ナノイメージングによる励起子・キャリアの局所ダイナミクス」, 西田 純 (2023 年度).

C) 研究活動の課題と展望

探針増強顕微分光の先端計測を研究室の柱として物理化学, 分子科学, 物質科学, そしてナノ科学にまたがる新しい学際領域の形成, 革新的な光科学・光技術の創出を目指した基礎研究を展開していきたいと考えている。超高真空・低温探針増強顕微分光の技術開発についてはほぼ完了し, 超高感度・超高分解能の顕微分光の原理についても理解が深まっている。今後はこの先端計測を応用し, 不均一触媒や光電デバイスなどの物質機能の根幹に関わる表面の局所的な構造や反応, またそれらの動態についての研究へと展開していく。現在は, これまで探針増強分光が応用されていなかった半導体・酸化物表面の計測を進めている。原子間力顕微鏡に基づく超高速・超広帯域探針増強分光については, 現在も技術開発要素が残されているが, ナノ物質の計測へと応用を進めることができおり, 現在はナノカーボン, 原子層物質, 有機–無機ハイブリッドペロプスカイト, 生体分子などの研究を進めている。今後は多次元・多変量ナノ顕微分光のコンセプトに基づき, ナノ物質の物性・機能について物理化学的な理解を得ることを目的とした研究を展開する。国際的な研究活動として, 2021 年に研究協力協定を締結したフリッツ・ハーバー研究所 (ベルリン, ドイツ) との共同研究や学術交流についても積極的に推進していきたいと考えている。