

NEWSLETTER

Vol. 1
2025.7.18



スマートナノ粒子の光科学

「スマートナノ粒子の光科学」 領域の立ち上げにあたって

領域代表

平松 光太郎

九州大学・大学院理学研究院 化学部門 教授

2008年東京大学大学院理学系研究科にて博士(理学)を取得。理化学研究所基礎科学特別研究員、東京大学助教、九州大学准教授を経て、2025年より現職。特にラマン分光・非線形光学顕微鏡などを駆使した分子・細胞の動的可視化に取り組むと共に、その情報科学との融合を目指している。文部科学大臣表彰若手科学者賞・日本分光学会奨励賞、などを受賞。

このたび、「スマートナノ粒子の光科学」が学術変革領域研究(B)として採択され、本格的な活動をスタートさせることになりました。このニュースレターも、記念すべき第1号です。ご支援・ご関心をお寄せくださっている皆様に、心より御礼申し上げます。また、本領域発足にあたり、評価委員の先生方をはじめとする多くの方からのご指導を賜りましたこと、心から感謝申し上げます。

本領域発足のきっかけは、2024年のはじめごろにA01班(合成班)の高野さんからもちかけられた議論でした。「最近、金量子ニードル(Au Quantum Needles, Au QNs)や極細金ナノロッド(Au Ultrathin Nanorods, Au UNRs)といった新しい物質群が出来てきているので、光学的にも何か面白い応用がないか」といった具合だったと記憶しています。これらの物質は、光学イメージングに使われてきた金ナノ粒子と比べて、小さい、異方性がある、近赤外に共鳴がある、などの特徴をもっており、これらを単純に光学イメージング計測と組み合わせるだけでも新しい研究を展開する余地が相当にありそうだとすぐに思いました。物質として未知の部分も多いため、ナノ計測によって物性を明らかにすることが地に足のついた応用展開には不可欠と思い、B01

班(計測班)の西田さん、C01班(応用班)の平松でタッグを組んで領域を立ち上げるに至りました。

本学変領域は3年間の研究期間で、2つの領域マイルストーンを設定しました。これらは、申請書を作成する段階で我々が考えつく、(3年間でできると思われる範囲で)最も面白い研究だったわけですが、Au QNsやAu UNRsが持つポテンシャルのごく一部を引き出すにすぎないと思っています。申請書提出後も様々な議論を重ね、2025年4月に本格的に共同研究を開始して以降、既に申請書に書かれた内容を超えるような様々なアイデアが生まれてきています。もちろん、まずは当初の計画をしっかりと成し遂げることが最優先ですが、領域研究としての優位性を活かし、領域内外との共同研究によって様々な可能性を模索していきたいと考えています。1つの成果が新たな問いを生み、それが次なる研究構想につながっていく——そのような有機的な発展を促す、開かれた研究領域を育てていきたいと願っております。今後の「スマートナノ粒子の光科学」の展開に、引き続きご注目とご支援を賜りますよう、何卒よろしくお願い申し上げます。

スマートナノ粒子とは

スマートナノ粒子とは、特定の光応答性や構造機能を備えた高度に設計されたナノ粒子であり、センシング・イメージング・医療応用など多様な場面での活用が期待される次世代材料です。本研究領域では、金数原子層からなる高異方性ナノ粒子、特に金3原子が積み重なってできた「金量子ニードル(Au Quantum Needles, Au QNs)」と、7原子層程度の太さを持つ「極細金ナノロッド(Au Ultrathin Nanorods, Au UNRs)」に着目しています。これらはその単軸と長軸の比であるアスペクト比が1よりもずっと大きい金属ナノ構造体で、その細さに応じて近赤外領域に分子的な電子遷移や局在表面プラズモン共鳴(LSPR)を示すのが特徴です。

このようなスマートナノ粒子は、単に局在位置を可視化するだけでなく、粒子の形状変化や周囲環境(屈折率、電場、分子結合など)によって近赤外吸収・発光スペクトルが変化するため、1粒子レベルでの多次元センシングが可能です。特に近赤外域は光の生体透過性が高く、非侵襲なバイオセンシングやイメージングに適しています。

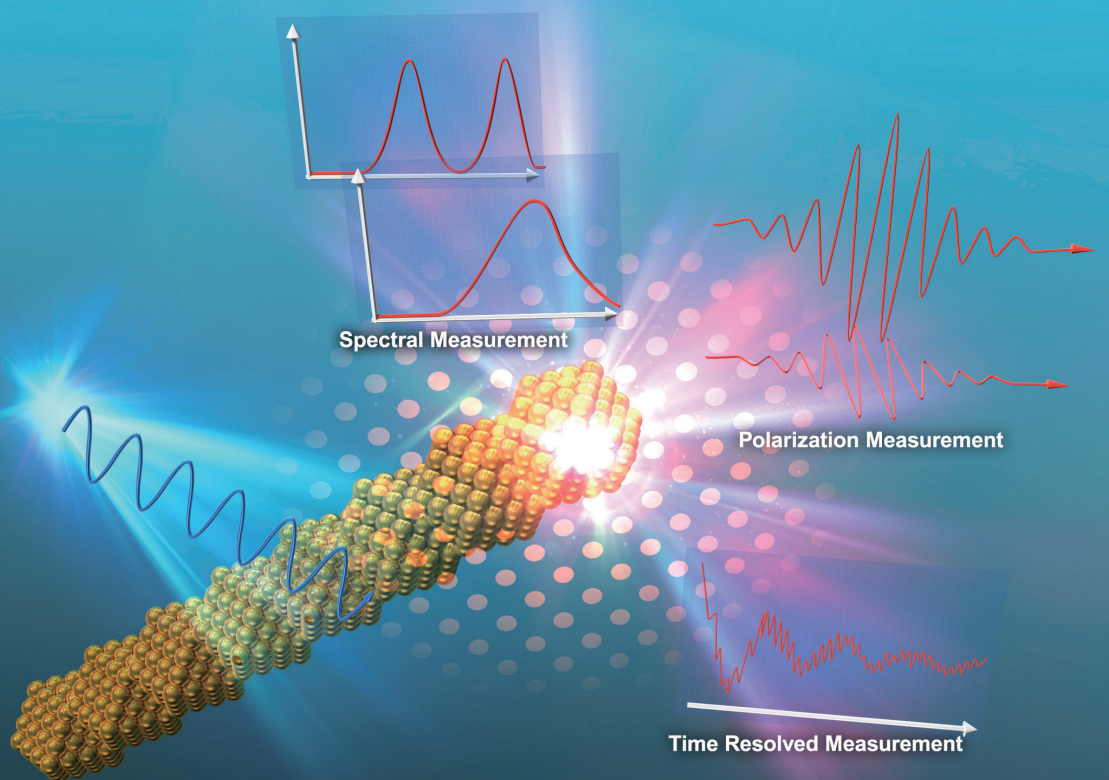
さらに、粒子表面の精密修飾によって生体分子との特異的な相互作用を導入すれば、細胞内でのターゲット局在化や機能計測も可能になります。将来的には、多波長光熱治療、ドラッグデリバリー、機械応答型ナノセンサーなど、医療・材料・バイオの交差点に立つ応用展開が期待されます。

スマートナノ粒子は、合成・構造制御・計測・応用のすべてが連携することで初めてその真価を発揮する、ナノサイエンスの集大成的存在です。

スマートナノ粒子の課題と 本研究領域の目的

スマートナノ粒子は、生体適合性を持ちながら、光の波長に応じた精密な応答を示すナノ構造体として、センシングや医療応用への展開が期待されています。中でもAu QNsやAu UNRsは、高アスペクト比に由来する近赤外領域での強い光応答性と、生体組織内への透過性の高さを兼ね備えており、従来のナノ粒子にはない機能性を備えています。しかしその一方で、安定した合成法の確立、粒子の構造・物性の正確な評価、さらには生体環境下での応用実証といった複数の技術的・基礎的課題が未解決のまま残されています。

本研究領域「スマートナノ粒子の光科学」では、これらの課題に体系的に取り組むために、合成(A01班)、計測(B01班)、応用(C01班)の三班が密接に連携します。高安定・高均一なスマートナノ粒子の合成、1粒子レベルでの構造とスペクトルの同時計測、細胞内での動態や相互作用の観察などを通じて、構造—機能相関の徹底的な理解を目指します。さらに、得られた知見をもとに、近赤外を用いた非侵襲イメージングや、個別化医療への応用展開を視野に入れたスマートナノ粒子技術の基盤を築くことが本領域の目的です。



A01 合成班 (代表: 高野慎二郎)

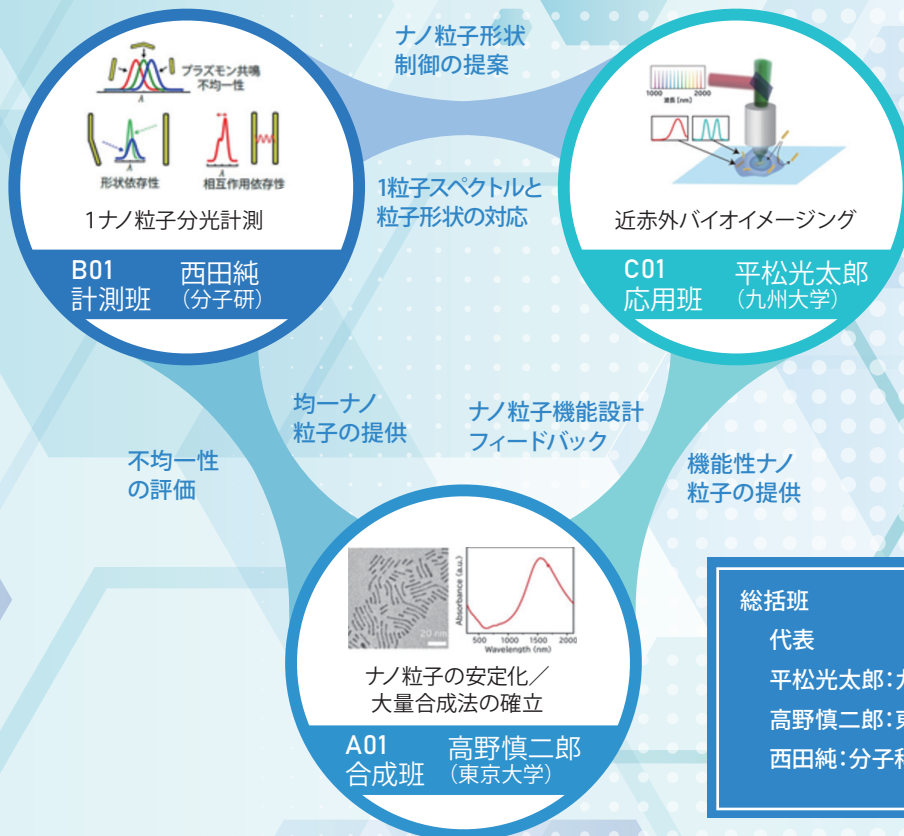
A01班は、量子ナノロッド(Au QNRs)と、極細金ナノロッド(Au UNRs)の高安定・高均一な合成法の確立を目指します。Au QNRsは離散化した電子構造を持ち近赤外領域で顕著な吸収・発光を示しますが、その大量・選択合成法は確立されていません。また、Au UNRsは、短軸2 nm前後という極細構造を持ちながら、高アスペクト比を維持する金属ナノ粒子で、近赤外域における鋭いプラズモン共鳴を示しますが、形態安定性・合成再現性の点に問題を抱えています。本班では、質量分析や構造モデルに基づき、魔法数構造への収束を指標とした原子精度での粒子制御を行い、均一な構造・機能を持つ標準スマートナノ粒子の創出を目指します。これにより、計測・応用研究と密に連携できるナノ材料の安定供給を実現します。

B01 計測班 (代表: 西田純)

B01班は、スマートナノ粒子の構造と光学応答の相関を明らかにするため、近赤外ナノ分解能分光計測技術の開発を担います。分子科学研究所に導入済みの中赤外s-SNOM装置をベースに、近赤外領域で動作する散乱型近接場顕微鏡(NIR s-SNOM)へと拡張し、10 nm程度の空間分解能に基づく1粒子分解計測を実現します。A01班が合成するAu QNRsやAu UNRsを基板上に配置し、粒子ごとのスペクトル特性や局在電場分布を可視化します。さらに、高分解能AFMとの併用により、粒子の曲がりや粒子間距離の変化がプラズモン共鳴に与える影響を定量化し、構造-機能相関を明らかにします。得られた知見は合成・応用班と共有し、設計指針や解析基盤としてフィードバックされます。

C01 応用班 (代表: 平松光太郎)

C01班は、Au QNRsやAu UNRsの優れた光特性を活用したバイオイメー징ング応用の開拓を担います。近赤外光に対する鋭いプラズモン共鳴、細胞膜透過性、小型サイズといった特性を活かし、1粒子感度でのフォトサーマルイメー징ングを実現することが目標です。本班では、干渉散乱顕微鏡と広帯域・波長可変の近赤外励起を統合したフォトサーマル顕微鏡を構築し、基板上および生細胞内での1粒子分解分光を可能にします。これにより、細胞内での粒子の位置・環境・構造に応じた吸収スペクトルの変化を解析し、力学的・化学的情報を高感度で取得する新しいセンシング手法を確立します。将来的には、生体内診断や標的治療への応用展開も視野に入れた技術基盤の構築を目指します。



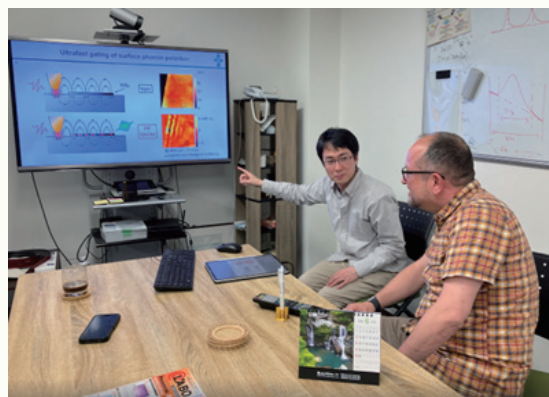
キックオフミーティング開催

4/17～18の日程で九州大学伊都キャンパスにおいて本領域のキックオフミーティングを開催しました。領域代表から領域の概要説明があった後、各班長から現状の研究状況と直近での課題に関してそれぞれ一時間程度の発表・質疑と光物理化学研究室のラボツアーが行われました。併せて光物理化学研究室所属学生さんの研究発表も行ってもらい、活発な議論がなされました。



Malcolm Kadodwala 教授訪問

5/15に本領域アドバイザーの一人であるMalcolm Kadodwala教授(Glasgow大学)がB01班班長である分子研の西田博士を訪問され、領域全体の概要とキックオフミーティングで出た課題等に関して活発な議論を行なって頂きました。各班の内容に関して詳細なフィードバックを頂きました。



今後のイベント

- 第二回領域会議 (2025 年 11 月 11 日) を東京大学本郷キャンパスにて開催します。
- サイエンスカフェ登壇 (2025 年 9 月 5 日)
平松光太郎がサイエンスカフェ@ふくおかに登壇します。
他研究者もオンラインで参加します。

News

平松光太郎（領域代表・C01 班代表）が九州大学理学院教授に昇進しました。

平松光太郎（領域代表・C01 班代表）が文部科学大臣表彰・若手科学者賞を受賞しました。



Smart
Nano
Particles

スマートナノ粒子の光科学

代表：平松光太郎（九州大学 理学院教授）
〒819-0395 福岡市西区元岡 744