

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名：非線形ナノフォトニクス

2. 研究代表者：河田 聡（大阪大学大学院工学研究科 教授）

3. 研究概要

非線形光学と近接場光学を融合した非線形ナノフォトニクスを確立することを目的とし、光子を用いてナノスケールで“観て”、“操って”、“創る”技術開発を推進してきた。非線形ラマン散乱分光である CARS 分光を光学的ナノメートル計測法である近接場顕微鏡と組み合わせて、世界最高峰の空間分解能 (15nm) で分子の振動を“観る”技術を開発した。細胞内の特定の場所に遺伝子導入によって発現させた蛍光タンパク質のみを多光子過程により励起することで、その蛍光タンパク質の周辺数ナノメートルの機能性タンパク質の機能を阻害する (“操る”) ことにも成功した。また、多光子過程を用いて 100nm 分解能で同時に複数の 3 次元構造物や光ナノデバイスを“創る”技術や、このナノ加工技術に最適なナノ微粒子 (TiO₂ や Cds) を高濃度に含む機能性複合材料を“創る”技術も確立した。

4. 中間評価結果

4 - 1. 研究の進捗状況と今後の見込み

本研究チームは、大阪大学、理化学研究所、京都府立医大、中国科学院理化技術研究所に所属する研究者が機能別に 4 グループを構成して連携しながら研究を推進している。夫々のグループが全体の中の役割を良く理解し、計画を上回る進捗であり、特に分子イメージングに関しては、当初目標を超えて、機能性タンパク質の不活性化反応メカニズムの解明を目指して活動することが計画されている。グループ間の連携を強めた展開によって、インパクトのある進展が期待される。

4 - 2. 研究成果の現状と今後の見込み

近接場ラマン散乱 (CARS) 顕微鏡を開発し、DNA の塩基固有の分子振動のイメージングや、多光子過程による三次元ダイヤモンド構造を有するフォトニック結晶作製、液晶フォトニックレーザ発振の確認、非線形光学を用いた標的分子の不活性化を数ナノメートルオーダーで確保する技術の開発に成功している。今後はグループ毎に進める個別課題の発展と各グループの共同研究対象として、細胞のナノ観測技術の応用、大規模機能性ナノマシン・ナノデバイスを意図した並列マイクロ・ナノ造形法の展開や、近接場 CARS 顕微鏡での材料解析や光反応過程の解析応用での成果が見込まれる。

4 - 3. 今後の研究に向けて

これまでの進捗とグループのもつ能力から、提案計画を超えた広がりの中で、優れた成果を上げることが期待される。既にバイオ分野への非線形ナノフォトニクスの応用として、細胞内局所ナノ機能制

御システムの構築を目指した進展が見られるが、ナノテクノロジーへの大きな期待のひとつであるバイオ分野への応用展開可能な潜在ニーズを更に広く捉え、非線形ナノフォトニクス独自の応用分野開拓も視野に入れての研究推進を期待する。

4 - 4 . 戦略目標に向けての展望

本研究は、IP ネットワークの通信トラフィック量の拡大に対応できる次世代通信機構の求める光デバイス、光集積回路のプラットフォームの有力候補であるフォトニック結晶の三次元同期構造の形成や、非侵襲性医療システム実現のための生物系ナノ構造体や材料に係わる基礎的解析に資する非線形ナノフォトニクスの展開が期待される。

4 - 5 . 総合的評価

ナノテクノロジー分野において、非線形光学が重要化する点に着目した、独自性の高い優れた研究提案であり、順調に進捗している。初期から細胞刺激などのバイオロジー分野への関心を課題として取り上げてはきているが、振動イメージングの有カツールの開発に成功したことを、このツール固有のバイオ現象発見などへの貢献につなげていく方向を加えることや、更なるバイオロジー分野に応用展開できれば、インパクトは最大になると期待できる。