

ディビジョン番号	14
ディビジョン名	ナノテク・材料化学

大項目	3. ナノ計測・分析
中項目	3-2. 分析
小項目	3-2-5. 近接場光学顕微鏡

概要（200字以内）

近接場光を利用した顕微鏡すなわち走査型近接場光学顕微鏡（SNOM）が実用化されており、SNOM を用いて蛍光を観測すると、ナノ構造体の発光部分に関するイメージ像を測定することができる。蛍光をださない物質に関しては、蛍光色素で標識して測定する。生命科学の分野への応用が期待されている。また、蛍光の代わりに、散乱、UV-VIS-NIR 領域や IR 領域における吸収を利用することもできる。

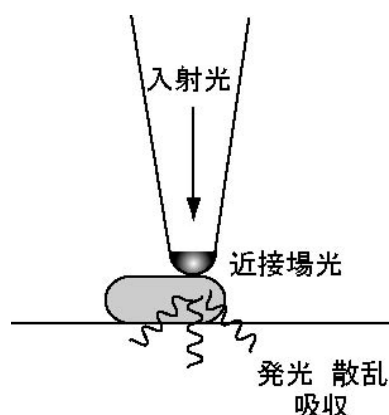


図 近接場光学顕微鏡の概念図

現状と最前線

光学顕微鏡では、使用する光の波長よりも小さなものを原理的に観測することができない。しかしながら、近接場光を利用することにより、波長の限界を超えることができる。近接場光を発生させる方法として、(1)微小開口（直径 50 nm 程度）を利用する方法と(2)微小チップを用いる方法がある。微小開口を用いた場合、光は通常の光と異なり、伝播せず、開口の近傍に局在する。この光を近接場光と呼ぶ。開口すなわち近接場光が蛍光試料に近づくと、光を吸収して蛍光を発する。蛍光を測定しながら開口を動かして、試料表面をなぞると、試料のイメージを得ることができる。開口径と走査の位置精度で空間分解能が決まる。開口径を小さくすると光の強度が弱くなるので、検出が難しくなる。空間分解能を上げるためには、高感度検出が必要である。

SNOM-蛍光法により生命科学に関連したナノ構造体の画像が観測されている。標識された部分の空間分布に関する知見を得ることができる。また、原子間力顕微鏡（AFM）と SNOM を組み合わせると、AFM によりナノ構造体の形状を計測することができ、かつ、SNOM により蛍光を発する部分を観測することが可能となる。DNA や染色体上の遺伝子の位置を蛍光色素で標識し、蛍光顕微鏡を使ってその位置を測定する、蛍光 in situ ハイブリダイゼーション（FISH）法において、蛍光顕微鏡を SNOM で置き換えて空間分解能をサブマイクロメートルにする nanoFISH 法が開発されている。

蛍光を測定する代わりに、光を照射して透過光または反射光を測定すると、試料による近接場光の吸収を計測することができる。紫外・可視・近赤外領域では感度の高い検知器があるので測定例が報告されているが、赤外領域では高感度検知器がなく、測定は非常に難しく、研究例はほとんどない。また、ラマン散乱光を測定することも可能であるが、ラマン散乱強度は蛍光と比べて、強度が弱く、ポリジアセチレンなど散乱断面積が非常に大きな物質の測定例のみ報告されている。ラマン散乱を検出する場合、金属チップで表面増強ラマン効果を利用して、感度の向上がはかられているが、強度増強の度合いが大きいと、化学的効果が大きく試料のスペクトル変化が大きくなり、分析法として好ましくない。以上のような現状から、蛍光とSNOMの組み合わせが広く使用されている。パルスレーザーを利用して時間分解測定を行うと、ダイナミックスの研究も可能である。

将来予測と方向性

- ・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

測定感度の向上

- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

蛍光を出さない物質に関しては、蛍光標識をする必要がある。蛍光の代わりに振動スペクトル（ラマンやIR）を使用すると、構成物質が異なるバンドを与えるので標識する必要がなく、SNOM-ラマン、SNOM-IRの実用化が望まれる。

キーワード

走査型近接場光学顕微鏡（SNOM）、蛍光、ラマン散乱、吸収

（執筆者：古川行夫）