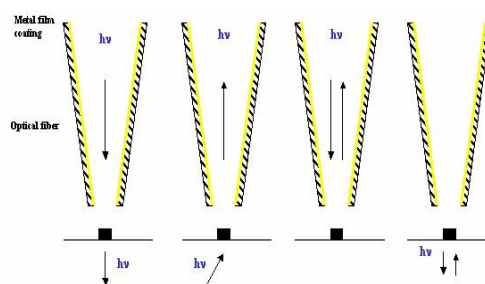


ディビジョン番号	10
ディビジョン名	分析化学

大項目	1. 分析化学
中項目	1-10. マイクロ・ナノ分析
小項目	1-10-5. 単一分子検出

概要（200字以内）

単一分子の検出・分光には主として走査型近視野光学顕微鏡（Scanning Near-field Optical Microscope: SNOM）が用いられる。この手法においては、内面を金属コーティングした光学ファイバーの先端の微小開口から浸み出るエバネッセント光を照明光や励起光として用い、単一分子の光学像観察や分光測定を行う。微小開口などのSNOM関連技術の更なる改良に基づき、検出・分光のみならず、単一分子の操作法の開発が望まれる。



SNOMの励起・検出モード

現状と最前線

1994年にTrautmanらによって初めて単一分子検出・分光が報告されて以来、関連研究分野は著しく発展した。光学的な単一分子検出・分光には、以下に述べるような近視野法と遠視野法がある。また、電気化学的な単一分子検出や表面増強ラマン散乱を利用した単一分子検出の試みも報告されている。ここでは、研究の中心となっている光学的な手法を中心に解説する。

超希薄溶液を試料とし、通常の光学顕微鏡の視野内に確率的に1分子が存在するような条件において測定する手法が遠視野（far-field）法による単一分子検出・分光である。このモードによる計測には、高感度な光検出器（アバランシュフォトダイオード）が必要となる以外、一般には、特殊装置は必要としない。これに対し、図1に示すような内面を金属コーティングした微小開口を有する光学ファイバーの先端から浸み出るエバネッセント光を用いる手法が近視野（near-field）法である。微小開口の直下では光は広がらず、エバネッセント光を微小開口サイズと同等サイズの光電場として利用できる。したがって、STMやAFMのような走査型プローブ顕微鏡の探針-試料距離や試料面内の位置制御と同様に、微小開口プローブを試料に接近・走査させて単一分子の光学測定を行うことができる。このことから、微小開口を用いる顕微鏡は走査型近視野光学顕微鏡（Scanning Near-field Optical Microscope: SNOM）と呼ばれている。概要図に示すように、透過モードや反射モードなどにより試料の照明や励起を行い、単一分子の光学像や分光測定を行う。実際に、SNOMを用いることにより単一分子の検出・分光は

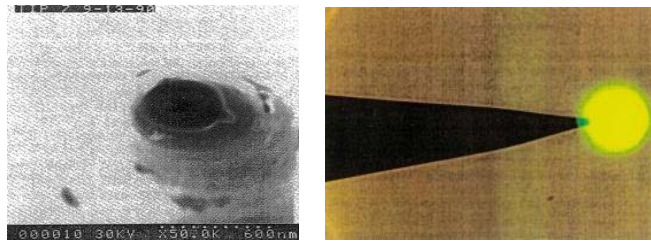


図1 SNOM プローブ(左)と浸み出し光(右)

もとより、固体基板上での単一分子の並進・回転運動などが調べられている。さらに、SNOMによりナノメートル・フェムト秒の空間・時間分解計測を行うことができる点が、他の走査型プローブ顕微鏡に無い特徴である。

単一分子検出・分光は次世代の単一分子レベルによるボトムアップナノテクノロジー/サイエンス、さらには単一細胞レベルにおけるバイオテクノロジー/サイエンスの発展のための基盤技術である。特に、SNOM は単一分子検出・分光の中心技術であるため、SNOM 装置は国内外の数社から市販されるに至っている。しかしながら、微小開口プローブの安定的な製造法や、レーザー光の導入によるプローブ自身の発熱の抑制など、技術的に改善されるべき点は多く、広く利用される状況にはなっていない。これらの点が改善されることにより、将来的には微小開口からのエバネッセント波に基づく放射圧による単一分子のレーザー操作が期待される。また、金属ナノ微粒子による表面プラズモン励起局所電場を用いた単一分子検出の試みも盛んに行われており、更に発展が期待される研究分野である。今後、電気化学法を含め、種々の方法による単一分子検出・計測が可能になるものと予測され、これに基づくナノサイエンスの一層の発展が期待される。

参考文献：

超解像の光学、河田 聡 編、日本分光学会測定法シリーズ 38、学会出版センター（1999）

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  
SNOM 用微小開口プローブの製造法・性能の改善に基づく高精度単一分子分光装置の開発
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題  
SNOM および表面プラズモン励起法による単一分子操作・検出法の開発

キーワード

近視野光学顕微鏡、遠視野、微小開口プローブ、エバネッセント波

(執筆者： 喜多村 昇 )