

研究室訪問記 2025 年度 一般助成（デバイス）

訪問日 2026 年 6 月 15 日

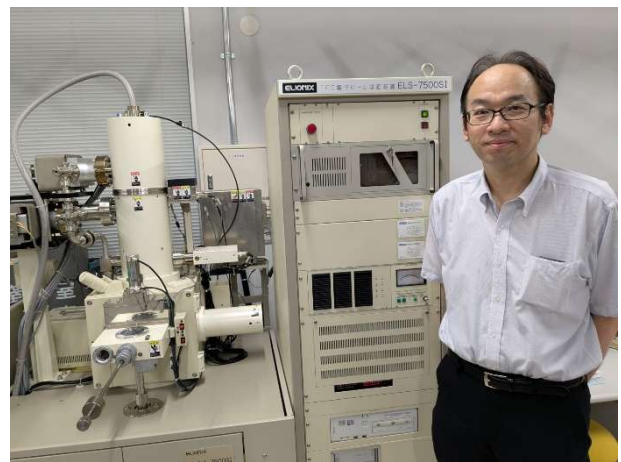
東京大学 大学院新領域創成科学研究科 准教授

研究題名：光誘起力顕微鏡のための大気下・室温で超高感度に動作する光圧検出プローブの創製

東京大学 米谷先生の研究室に訪問して、これまでの研究や助成研究についてお伺いしました。（図 1）

プロフィール

私の研究グループでは、ヘルスケア、通信、環境計測といった分野への応用を見据えながら、Nano Electro Mechanical Systems（NEMS）およびフォトニックナノ構造などをコア技術として、ナノスケールのデバイス研究を進めています。学生の頃、卒論配属を決めるときに研究室説明会のようなイベントがあり、その中に、その後、恩師となる先生が出されていたポスターを目にして強い感動を覚えました。ナノ構造の美しさと精巧さに魅了され、以来この分野で研究を続けてきました。2000 年頃の話なので 20 数年ひたすらやっていることになります。



（図 1）米谷先生と微細加工装置

研究内容の紹介

NEMS は機械的振動を利用したデバイスであり、特定の共振周波数で大きく振動する性質を持っています。この状態において、外部からわずかな力や電磁的相互作用、分子吸着、さらには光圧などが加わると、振動特性が敏感に変化します。このため、非常に高感度で多様なセンシングが可能となります。本研究では、この高感度性をいかに引き出し、実用的なデバイスへとつなげるかを重要なテーマとしています。

まず、研究の基盤となるナノ加工技術についてです。私は学生時代から、集束イオンビーム化学気相成長法（FIB-CVD）による三次元ナノ構造の形成に取り組んできました。この技術は、イオンビームを照射してガス分子を分解し、それを堆積させることで、ナノスケールの立体構造を直接作製するものです。照射位置や時間を精密に制御することで、柱状構造やオーバーハング構造など、自由度の高い設計が可能となります。従来の半導体プロセスでは困難だった構造も迅速に試作できるため、デバイス開発の初期段階において大きな利点があります。また、電子ビームリソグラフィや高速化学エッチングなどの手法も研究し、「より小さく、より速く、より適切な材料を用いる」という観点からナノ加工技術の高度化を進めてきました。

次に、計測技術についてです。ナノスケールの構造体は非常に微小であるため、従来の測定手法では十分な分解能が得られない場合があります。そこで、原子間力顕微鏡（AFM）や走査電子顕微鏡（SEM）

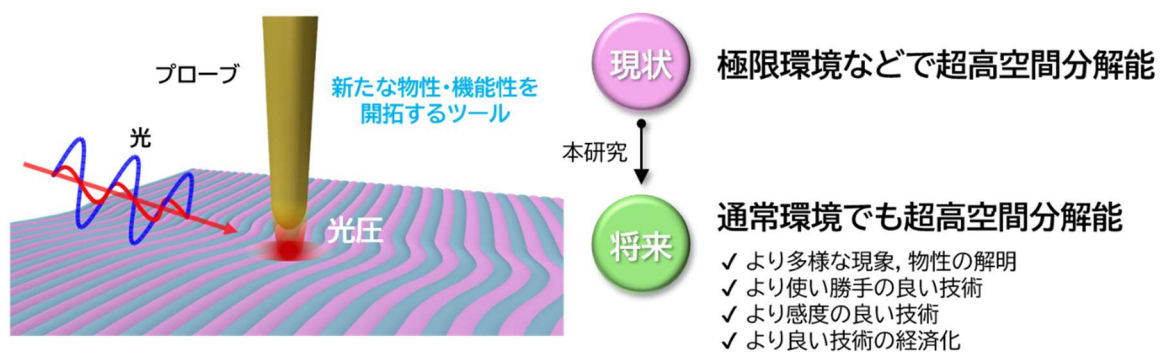
を応用した独自の測定手法を開発しました。AFM ではカンチレバーを利用して振動を高精度に検出でき、SEM では電子ビームによる二次電子信号を周波数解析することで、振動特性やモード形状を詳細に評価することができます。これにより、ナノ構造の動的挙動を可視化し、設計指針を得ることが可能となりました。さらに、振動子の性能向上を目的として、ダイナミクスの理解にも注力しています。特に重要となるのが Q 値であり、これは共振の鋭さを示す指標です。ナノスケールでは表面や熱の影響が大きくなるため、構造に歪みを与えて熱弾性ダンピングを抑制することで、エネルギー損失を低減し、高 Q 値化を実現しました。

応用面として、従来は極低温・超高真空環境でしか機能しなかった高感度 NEMS を、室温・大気環境で動作させることを目標としています。ガスセンサーや光波長を高精度で測定するデバイスなどを開発し、実用化に向けた可能性を示してきました。

研究助成に関わる取組み

本研究では、光の圧力、すなわち光圧を高感度で測定するナノメカニカル振動子の開発を進めています。光圧は非常に微弱な力ですが、私たちは大気・室温環境において 0.15fN という極めて高い分解能での測定を実現しました。光照射部と検出部を構造的に分離することで、熱の影響を低減し、得られた成果です。この成果を基盤として、光誘起力顕微鏡 (PiFM) への応用 (図 2) を目指しています。

従来の PiFM は、サブナノメートルの空間分解能を実現できる一方で、超高真空や低温環境を必要とするという課題がありました。本研究助成では、この制約を克服し、大気中・室温で高感度かつ高分解能な計測を実現することを目標としています。本研究が進展すれば、材料科学をはじめとする多くの分野において、研究開発の効率を大きく向上させるツールとなることが期待されます。



(図 2) 光圧検出プローブの超高感度化

研究への思い

社会に貢献することはもちろんですが、「人を感動させる技術」を生み出したいと考えています。普段は意識されない存在であっても、その価値に気づいたときに驚きや感動を与えられるような技術を追求していきたいと思っています。

今後も、基礎と応用をつなぐ研究を通じて、新しい価値を創出していきたいと考えています。