

# マイクロ・ナノメカトロニクス研究室

## 微小世界でのものづくり技術 “ナノクラフトテクノロジー”

静岡大学大学院 工学研究科 岩田研究室

Iwata Laboratory, Shizuoka University

〒432-8561 浜松市中区城北 3-5-1

TEL: 053-478-1072 FAX 053-478-1072

URL: <http://tf2a14.eng.shizuoka.ac.jp/> E-mail: [tmfiwat@ipc.shizuoka.ac.jp](mailto:tmfiwat@ipc.shizuoka.ac.jp)

### 1. 研究室の概要

我々の研究室（マイクロ・ナノメカトロニクス研究室）はナノスケールでのエンジニアリングとして超精密計測機器開発や微細加工法開発に取り組んでいる。ナノテクノロジーを開拓するためにはナノスケールをただ“見る”（計測技術）だけでなく、エンジニアリングする必要がある。すなわち“ナノで切り貼りする”（加工技術），“ナノで操作する。”（マニピュレーション技術）ことが実現してはじめてナノの世界での“ものづくり”が可能になる。われわれはこのナノの世界でも容易にしかも精巧に“ものづくり”が可能になる技術（ナノクラフトテクノロジー）を目指して日々“やらまいか精神”でチャレンジしている。具体的には走査型プローブ顕微鏡装置開発、電子顕微鏡関連技術、マイクロプラズマ応用技術、レーザマニピュレータ技術等を用いてナノスケールでの計測・加工・操作技術を開発している。本稿ではそのなかのいくつかを紹介する。

### 2. 研究紹介

#### 2.1 走査型プローブ顕微鏡技術開発

ナノテクノロジーの研究を支えるナノスケール計測技術の一つとして重要な顕微鏡技術に走査型プローブ顕微鏡（SPM）がある。SPMは今日、観察手段のみでなく、微細加工技術やマニピュレータとしての技術開発が盛んに取り組まれている。装置はシンプルで比較的低コストでありながら高い加工精度を有していることから、次世代の高密度メモリやナノエレクトロニクス、ナノマシンにおける基礎的なデバイスの試作技術などに注目されている。また、SPMは真空中のみならず、大気中、ガス中、液中など多様な環境において使用可能であることからその微細加工技術には様々な相互作用を利用することができる。われわれはプローブ顕微鏡を超精密なマシニングツールとして様々な（機械的、化学的、光学および電気化学的）相互作用を利用した微細加工技術を開発している。

#### ナノスケール超音波振動切削

SPMを用いた加工技術としてもっともシンプルなものには原子間力顕微鏡(AFM)のプローブを用いて表面を直接スクラッチする方法である。しかしながら、この手法は硬い材料表面では強い荷重で何度も繰り返し引っかけが必要があり、また生体試料や高分子材料といった粘弾性を有する材

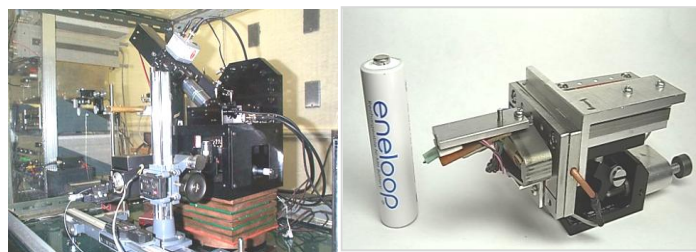
料表面では変形や隆起が生じるなど制御性良く加工することが困難な場合が多い。われわれはAFMプローブや試料表面を微小に高周波振動させながら走査することで硬い表面や粘弾性を有する材料でも高精度に切削可能なナノスケール超音波振動切削法を開発している。

#### ピペットプローブ微細加工

液体を充填することが可能なマイクロピペットをSPMのプローブとして用いることでプローブ先端の液体と材料表面の局所的な相互作用を利用した微細堆積加工法を開発している。マイクロピペットとは極細なキャピラリーガラス管であり、先鋭化することで先端には直径~100nm程度の開口を有したものを使用している。これまでに表面の局所エッチング、ナノめっき、ナノ微粒子堆積法、プラズマ加工など様々な微細加工や微細堆積法を実現している。



図1 微細加工を目指した走査型プローブ顕微鏡開発



(a) 多機能SPM装置 (b) 電子顕微鏡マニピュレータ

図2 本研究室で開発されたプローブ顕微鏡関連装置

新規機能を搭載した走査型プローブ顕微鏡を自作開発している。ユニットや光学系の設計、電子回路、ソフトウェアに至るメカトロニクスの知識・技術を駆使して開発に取り組んでいる。

### 力感フィードバックを用いた微細加工

表面形状(高さ情報)をオペレータである人間にリアルタイムで提示する触覚ツール(ハプティックデバイス)を用いて人間がナノスケールでの加工表面の状態を感じながら微細加工するシステムを開発しています。すなわち AFM プロブを任意に動かし、プローブ先端で検出する力をオペレータが指で感じながら微細加工が可能なシステムを開発しています。特に電子顕微鏡や光学顕微鏡内で観察しながらマニピュレーションする際に、ナニュートンやナノメートルで起きている微細な相互作用を指で感じながら加工できる大変ユニークな装置であるため、微細加工のみでなく、顕微解剖や細胞操作といった次世代バイオ技術への応用にも期待できる。

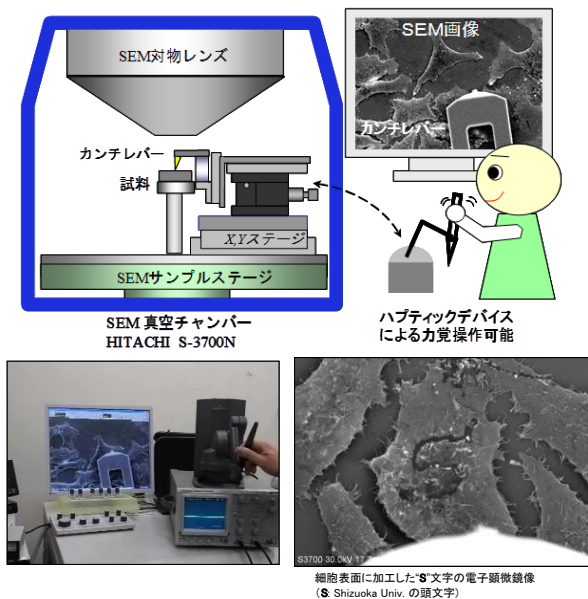


図3 電子顕微鏡で動作するナノマニピュレータ

### 2.2 光マニピュレータを用いた計測・加工

本研究室ではレーザを用いた計測および加工・マニピュレーションのに関する研究も積極的に取り組んでいる。光トラップした微粒子を走査しながら表面状態を観察する計測法や微粒子を基盤に堆積加工する方法およびナノスケール構造体の物性を測定するプロセスを支援する方法など光マニピュレーションに関する研究開発に取り組んでいる。

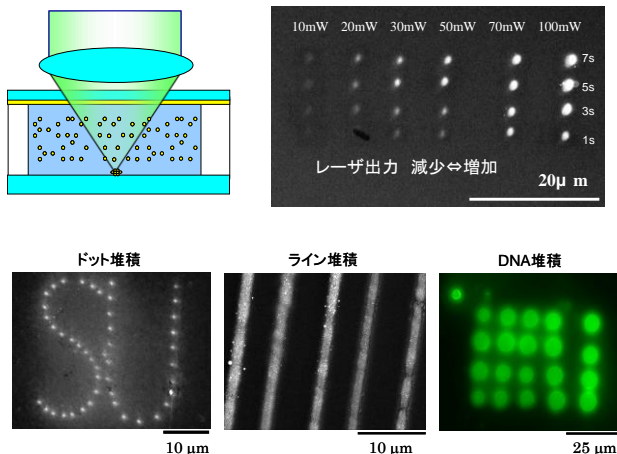
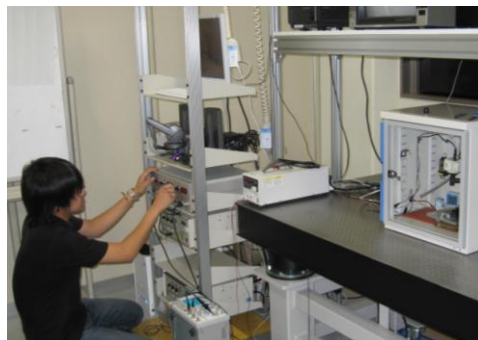
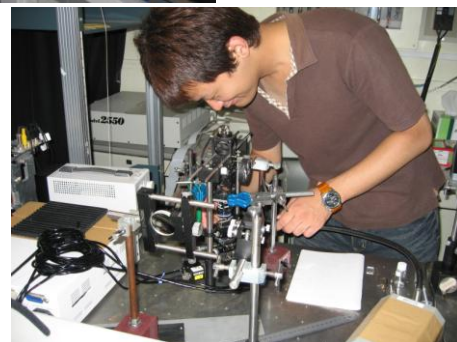


図4 光マニピュレータによるナノ微粒子パターンニング



電子回路開発



光学系の組み立て  
光軸調整



SEM 観察  
マニピュレーション

図5 実験風景

### おわりに

我々の研究室では他大学や他の研究機関および企業との共同研究も盛んに行っている。研究室の所属学生にとっても、学内の研究室メンバーだけでなく、こうした外部機関の研究者と研究活動やディスカッションを通して交流できることは大変刺激的で貴重な経験となっている。研究室訪問および見学などはいつでも歓迎である。メールまたは電話にてご連絡いただきたい。



図6 暑気払いバーベキューでの記念写真