

CIRMM

藤田研究室

[マイクロ・ナノメカトロニクスによる 科学探究と産業応用]

生産技術研究所 マイクロナノ学際研究センター

Centre for Interdisciplinary Research on Micro-Nano Methods

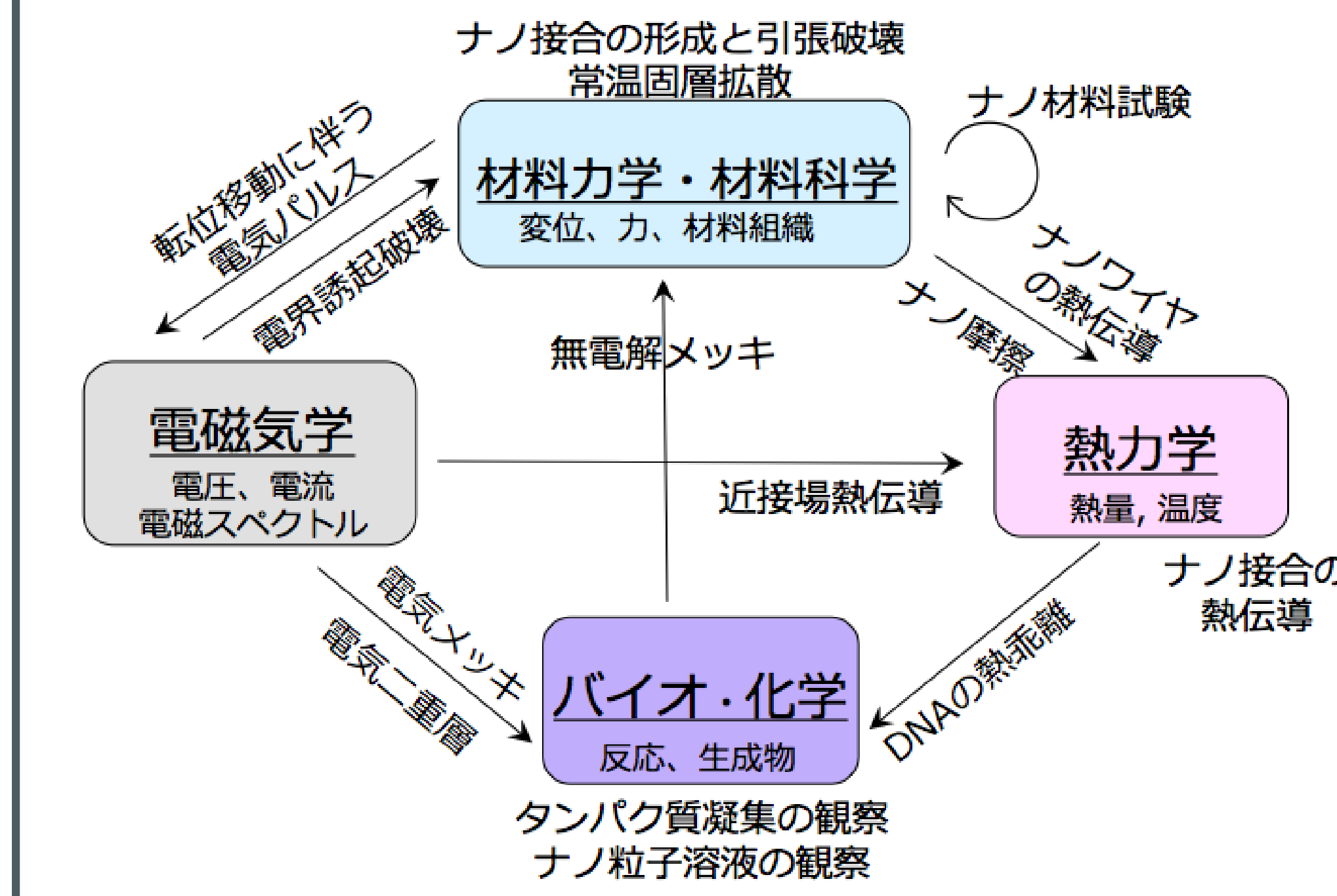
電気系工学専攻

<http://www.fujita3.iis.u-tokyo.ac.jp/ja/>

MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) の創成期から蓄積したMEMSの知識や技術を軸に、藤田研究室はナノテクノロジー、環境エネルギー発電、バイオテクノロジーの分野で先端科学をリードしています。ナノテクノロジーでは、独自のMEMS-in-TEMシステムを用いて、ナノ物体を可視化しながら、そこでの特異的な現象を測定します。環境振動の微小エネルギーから高効率で発電するデバイスを作ります。また、バイオテクノロジーでは、分子サイズに近い極微細MEMSを使って、単一分子・細胞レベルの計測を目指します。

ナノサイエンスの探求

「ナノスケールの物体の操作と力・熱・電圧の印加が可能なMEMSデバイス」と「原子レベルで実時間観察可能な透過型電子顕微鏡 (TEM)」これら2つを組み合わせた実験系を独自に構築することで、ナノスケールでの熱伝導や機械・電気特性、および液中の現象などを研究している。



独自に構築した実験系

MEMS-in-TEM

MEMS (マイクロマシン)

+

TEM (電子顕微鏡)

① ナノスケール熱伝導

a) UHV-TEM b) MEMS

Heater Sensor
Actuator
nanojunction

Video

Thermal Conductivity (W/mK)

Bulk Si: D=55 nm, L=54 nm

Long Si nanowire*: D=24 nm, L=4.5um

10倍も増加

バルクの10~100倍の熱伝導率 (ポリスティック熱伝導)を計測

② 液体セル

A TEM beam
Observation window
Inlet

Glass
Silicon

B Suspended Nanochannel Structure
Ultra-thin wall of SiN: 80nm
Nanochannel: 500nm
Support (poly-Si)

金のナノ粒子 (直径15nm)

水溶液中の金ナノ粒子を観察

③ ナノ摩擦・潤滑

Opposing Tips
Electrode 2 Tip 2
Electrode 1 Tip 1

5.6 mm
4.0 mm

(a) Actuation (j) (k) (l)

vac Ag junction vac
Fixed

極微の滑り(結晶格子の間隔に等しい0.3nmの滑り変形)を観察

発電 MEMS

イオン液体を利用した振動発電デバイスは、小型化に適している。構造が堅牢である。環境中の低周波振動から高出力が期待できる。

イオン液体とエレクトレットを組み合わせた振動発電

電極-電解質界面に生じる大容量の電気二重層キャパシタを利用 (~ 10mF/cm²)

電極 イオン液体

低周波数領域での発電に適している 例) 橋の振動

発電特性

Current Density [μA/cm²]

Time [sec]

バイオMEMS

マイクロマシニングにより作製したデバイスを用いて、生体物質の反応計測や観察を行う。デバイス構造は、分子サイズに近く、単一分子・細胞ごとの特性・現象を追うことができる。

単一細胞の硬さ計測

細胞を把持し、硬さの違いを共振周波数計測により検出

シリコンナノピンセット

細胞 プロブ

10 μm

共振周波数の差分

時間 (s)

DNAの結合状態の高精度・リアルタイム観察

凝集 冷却 < T_m

分散 加熱 > T_m

ssDNA A ssDNA B

透過型電子顕微鏡 電子ビーム

シリコン窒化膜 (30 nm)

ヒーター/センサ

スペーサ

DNA/金ナノ粒子溶液

シリコン 電極

ヒーター集積液体セル

6mm