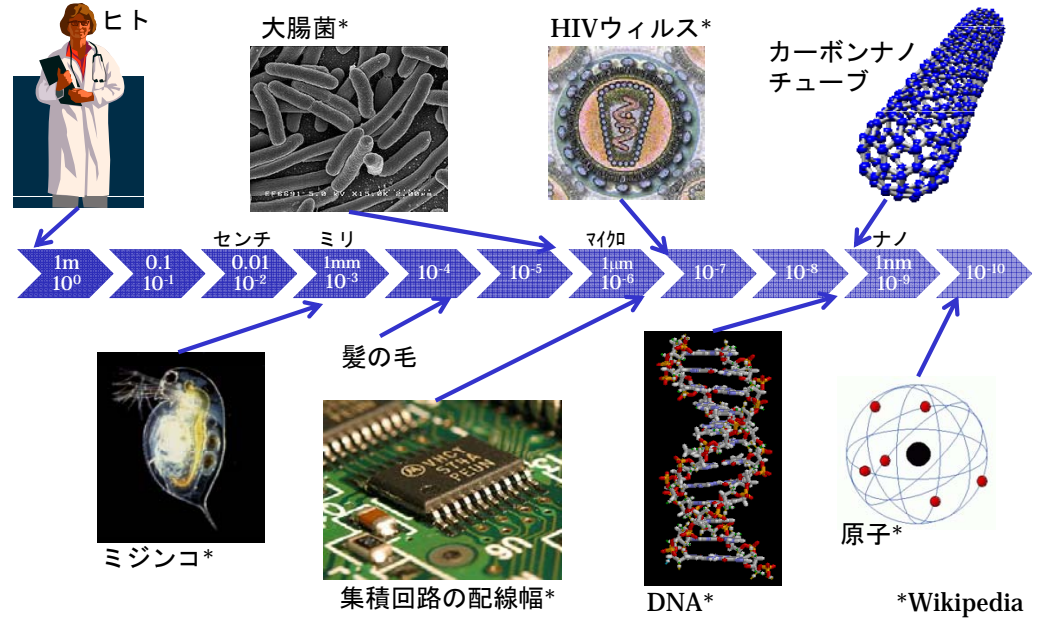


ナノの世界を観てみよう ～ナノカーボンの世界～

名古屋大学 楠研究室
乗松 航、楠 美智子
(助教) (教授)

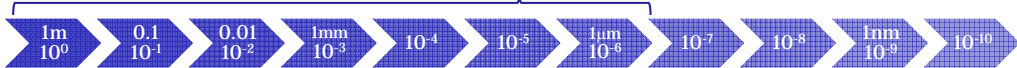
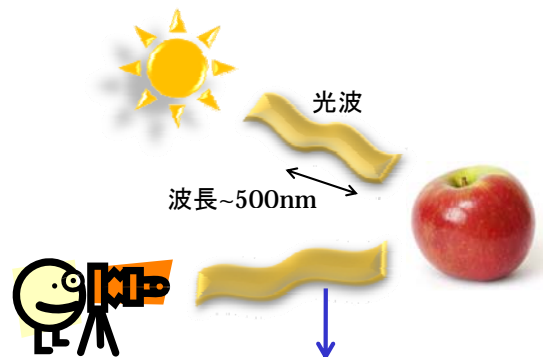


“ナノ”の世界

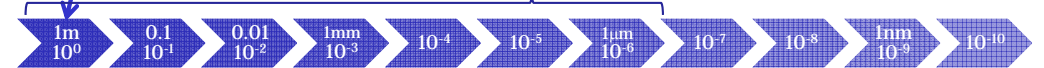
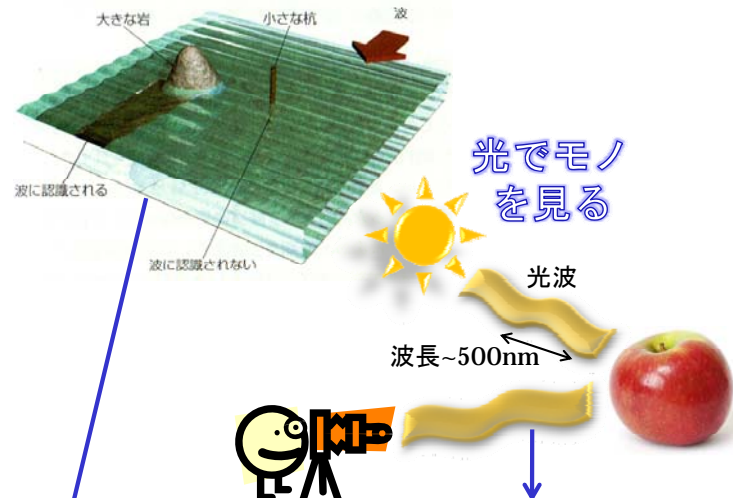


ナノの世界を観る

光でモノを見る

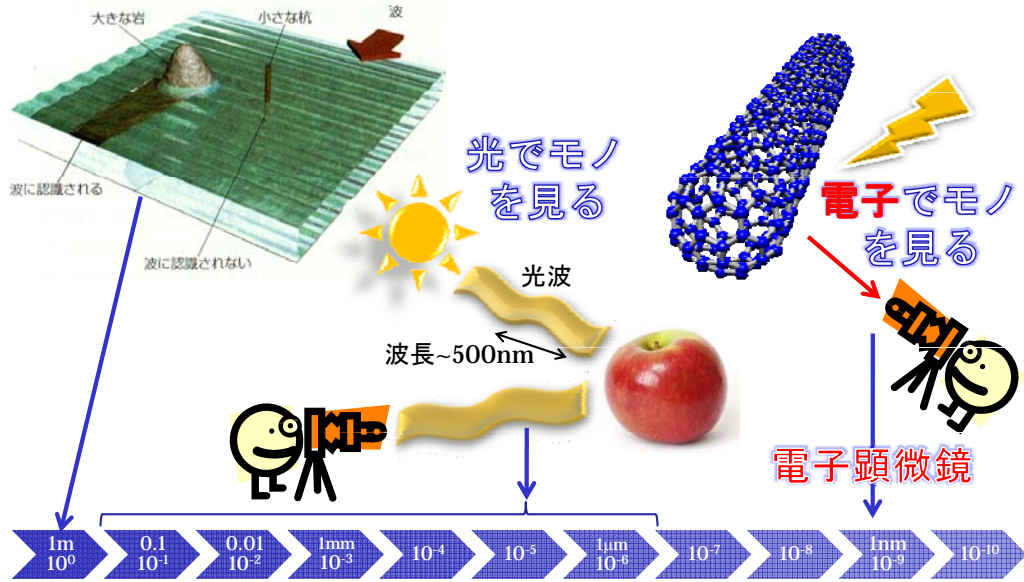


ナノの世界を観る





ナノの世界を観る



光学顕微鏡と透過型電子顕微鏡

電子顕微鏡

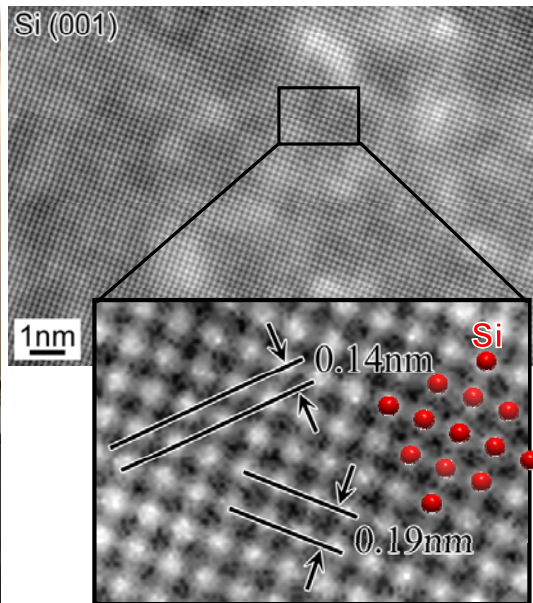
電子線の波長: 0.002nm
 倍率: ~百万倍
分解能: 0.2nm
 値段: 数千万~数億円
 振動・磁場に敏感

光学顕微鏡

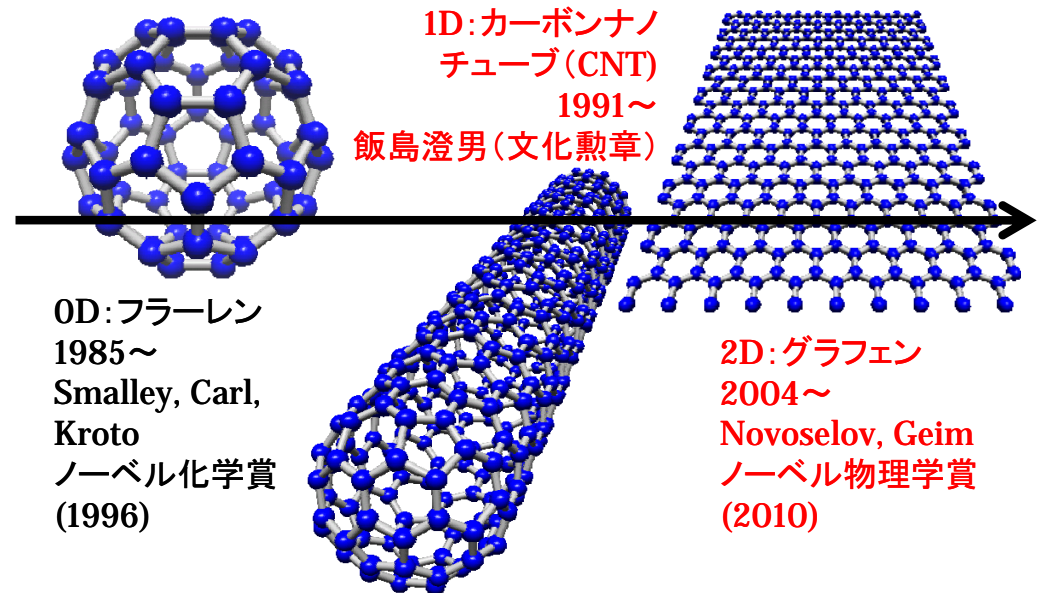
光の波長: 数百nm
 倍率: ~百倍
 分解能: 1 μm
 値段: 数万~数十万円



透過型電子顕微鏡



ナノカーボンの世界



カーボンナノチューブの性質

力学的性質 ~超高強度~

- ・高いヤング率: 0.44~1.5TPa
- ・最高の引っ張り強度: 11~200GPa

宇宙エレベータ

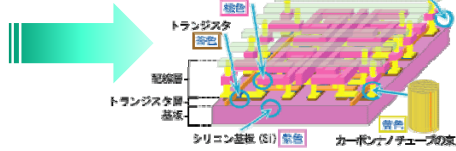


熱的性質 ~超高熱伝導率~

- ・最高の熱伝導率: 3000~6600W/mK



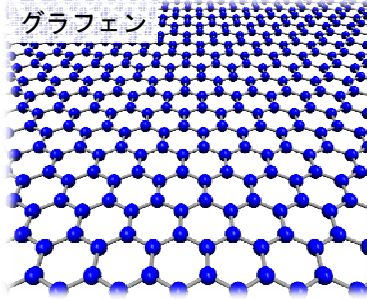
トランジスタ配線



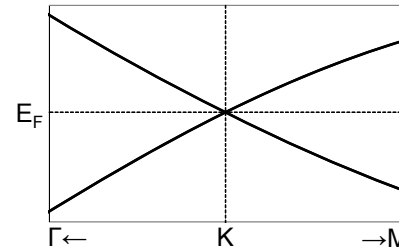
電気的性質 ~超高電流密度~

- ・カイラリティによる電子状態の制御性
- ・1次元伝導チャンネル
- ・高い電流密度: 10⁹A/cm²以上
- ・バリスティック伝導

グラフェン



グラフェンのバンド構造



- ・グラフェン: **Nobel Prize for Physics 2010**
- ・蜂の巣格子点に炭素原子が充填された厚さ1原子層の炭素材料

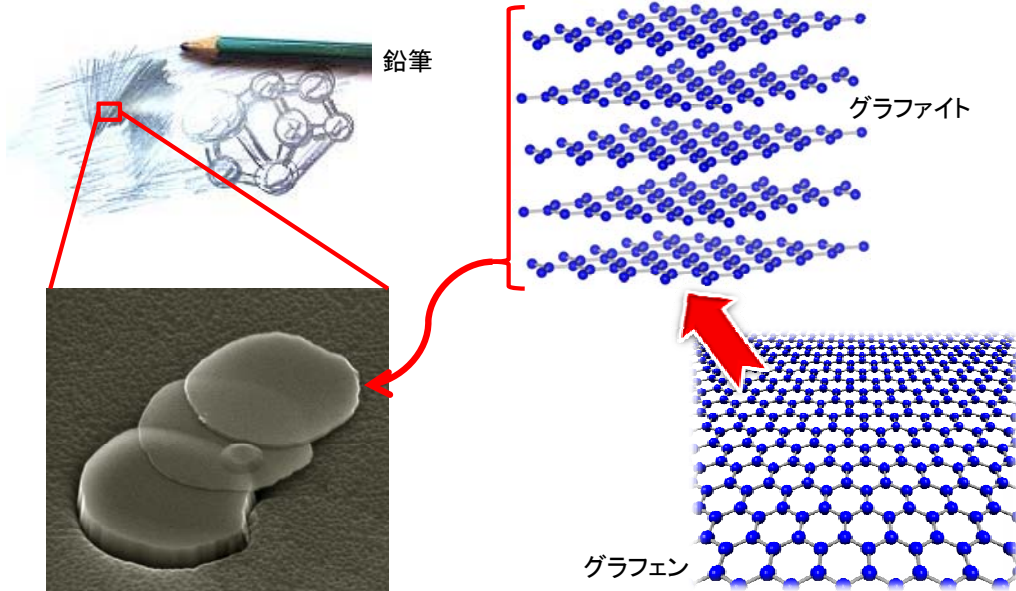
- ・200,000cm²/Vsecの究極的高電子移動度
- 電子が超高速で移動 (Siの1000倍)

Siを遙かに上回る半導体材料
→コンピュータの性能向上

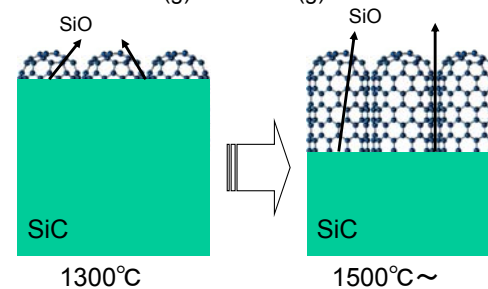
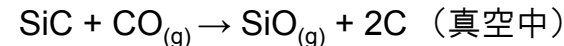
問題点:

- ① 大面積グラフェンの合成方法の開発
- ② バンドギャップがないこと

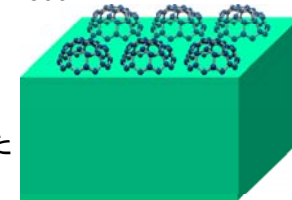
グラフェン・グラファイト・黒鉛



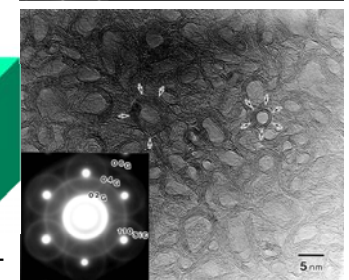
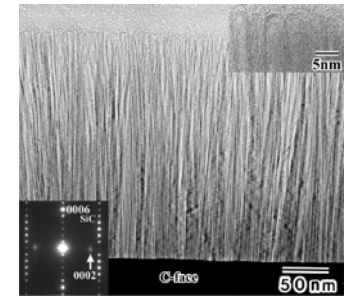
SiC表面分解法によるナノカーボン



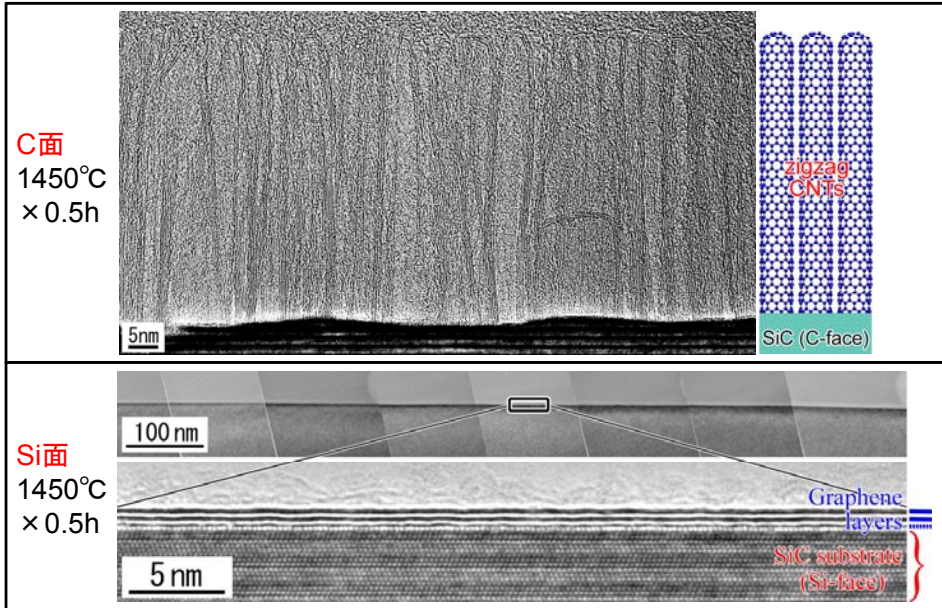
SiC結晶を真空中、高温で熱処理することにより、Si原子が除去され、残存したC原子がCNTを形成。



超高密度(世界一)・高配向CNT

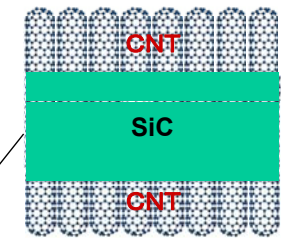


カーボンナノチューブとグラフェン

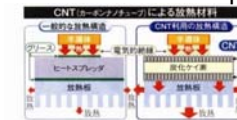
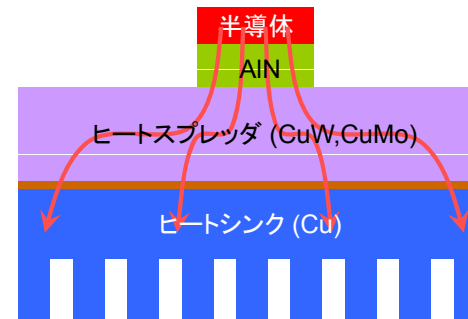


CNT/SiC放熱材料

材料	実質熱伝導率 k'
Siグリース	1.39 [W/mK]
Ag入りグリース	2.13 [W/mK]
SiC・グリース	4.43 [W/mK]
放熱シート(Si樹脂)*1	0.50 [W/mK]
分散CNT-放熱シート*1	0.54 [W/mK]
配向CNT-放熱シート*1	1.00 [W/mK]
1μmCNT/SiC単結晶	62.5 [W/mK]



中日新聞 2008.8.22



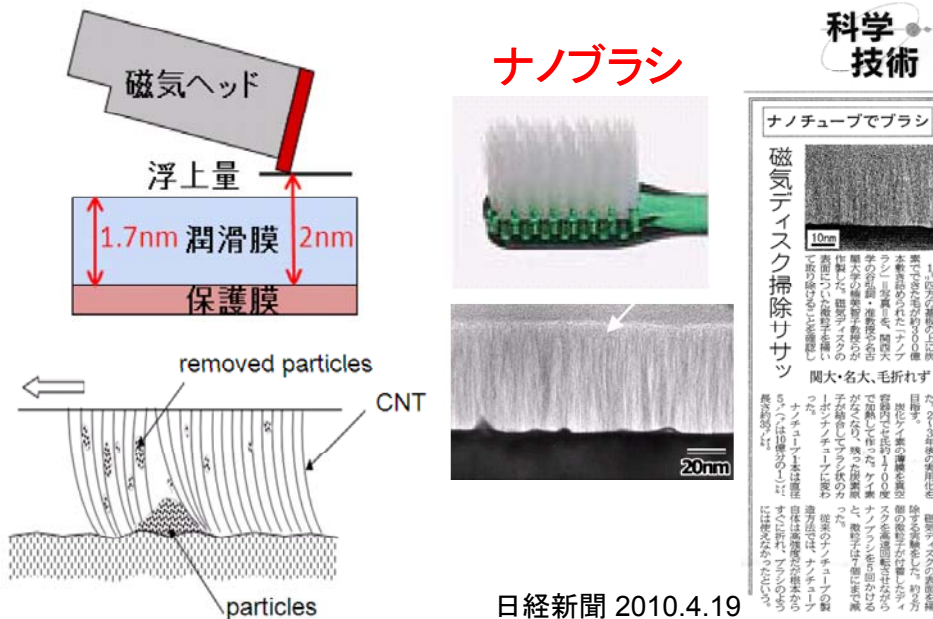
名大 半導体冷却装置 不要に 家電、パソコン軽く

放熱材料を開発

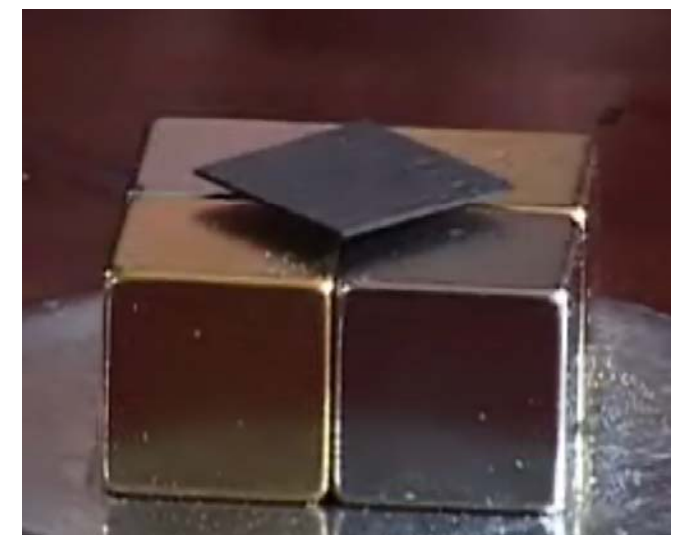
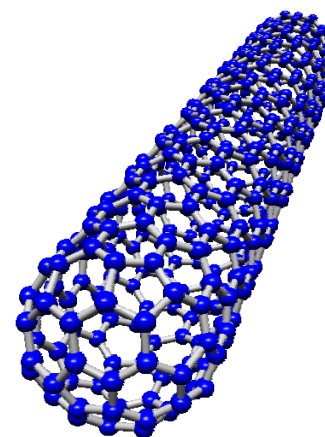
カーボンナノチューブ

朝日, 読売, 日刊工業, 日経産業新聞に掲載

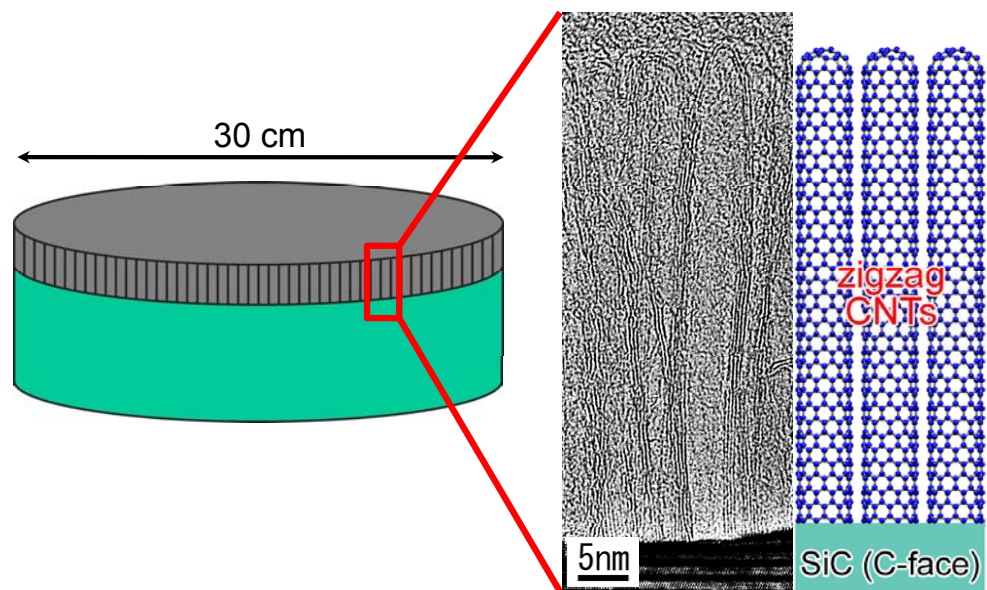
ハードディスクの洗浄応用



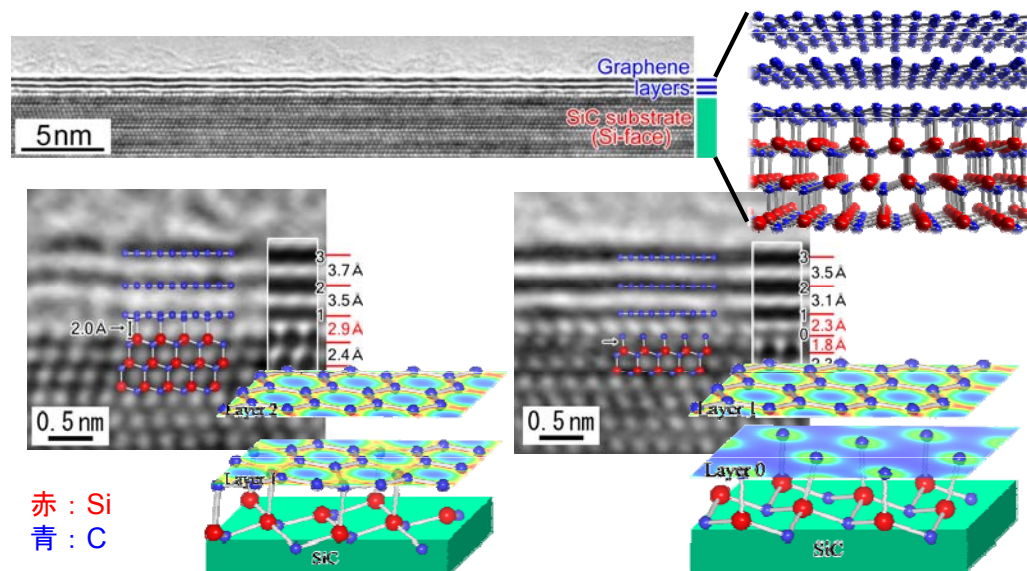
磁石に浮くカーボンナノチューブ



カーボンナノチューブ配向膜



グラフェン/SiC界面構造



電子顕微鏡による原子配列の決定→機能の解明・特性向上

まとめ

- ナノの世界
 - 1ナノメートルは、10億分の1メートル
 - **電子顕微鏡**でナノの世界を観ることができる
- ナノカーボンの世界
 - **カーボンナノチューブ**
 - 熱・電気をよく伝え、強い材料
 - **グラフェン**
 - 電子を超高速で動かせる材料