

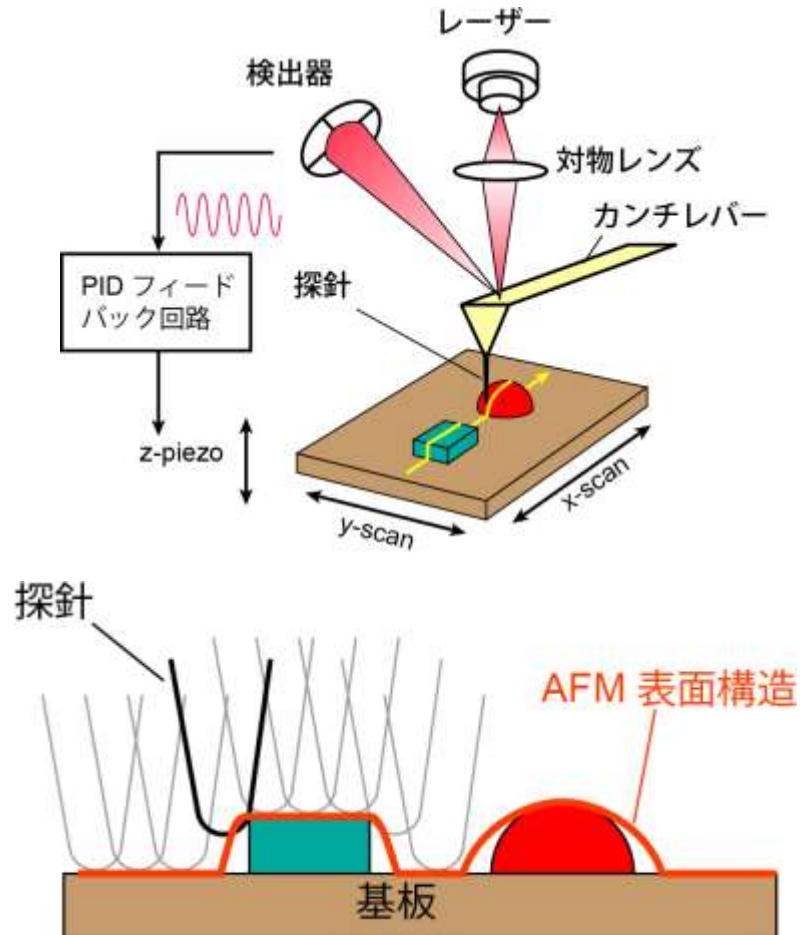


情報通信

# タンパク質に優しい熱ゆらぎ原子間力 顕微鏡測定法

福岡大学 山本大輔

# 原子間力顕微鏡について



## 原子間力顕微鏡

- 試料の表面形状を観察する顕微鏡装置
- 探針と試料との間にはたらく相互作用を検出し、相互作用が一定となるように探針-試料間距離を一定に保つ。
- 探針先端がトレースした形状（試料の上下動）が表面構造になる。
- 大気中、真空中、**水溶液中**での試料の観察が可能
- **タンパク質**など生体試料の観察に広く用いられる
- 高さ方向分解能： $\text{\AA}$ オーダー
- 水平方向分解能： $\text{nm}$ オーダー
- 多くの測定モードが開発されている

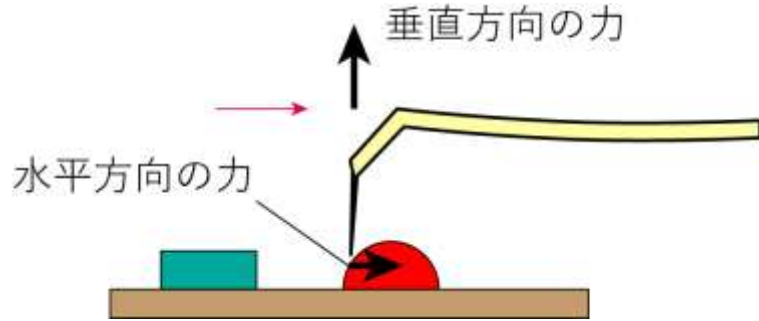
※原理的に、試料に加わる力をゼロにはできない。  
どこまで力を小さくできるが測定において重要。



(100 x 100 nm<sup>2</sup>)

# 従来技術とその問題点

## ■ コンタクトモード（たわみ検出）



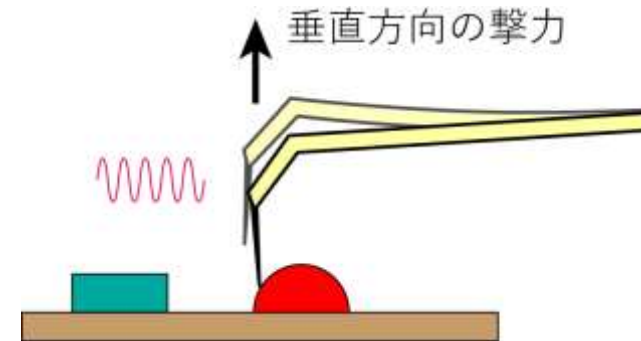
利点：

- ✓ 装置の構成が単純、簡便
- ✓ 2次元に密に詰まったタンパク質では水溶液中において高分解能測定可能

欠点：

- ✓ 一般的に垂直方向の力は50pN以上
- ✓ 水平方向の力で試料が破壊されやすい

## ■ タッピングモード（振幅変調）



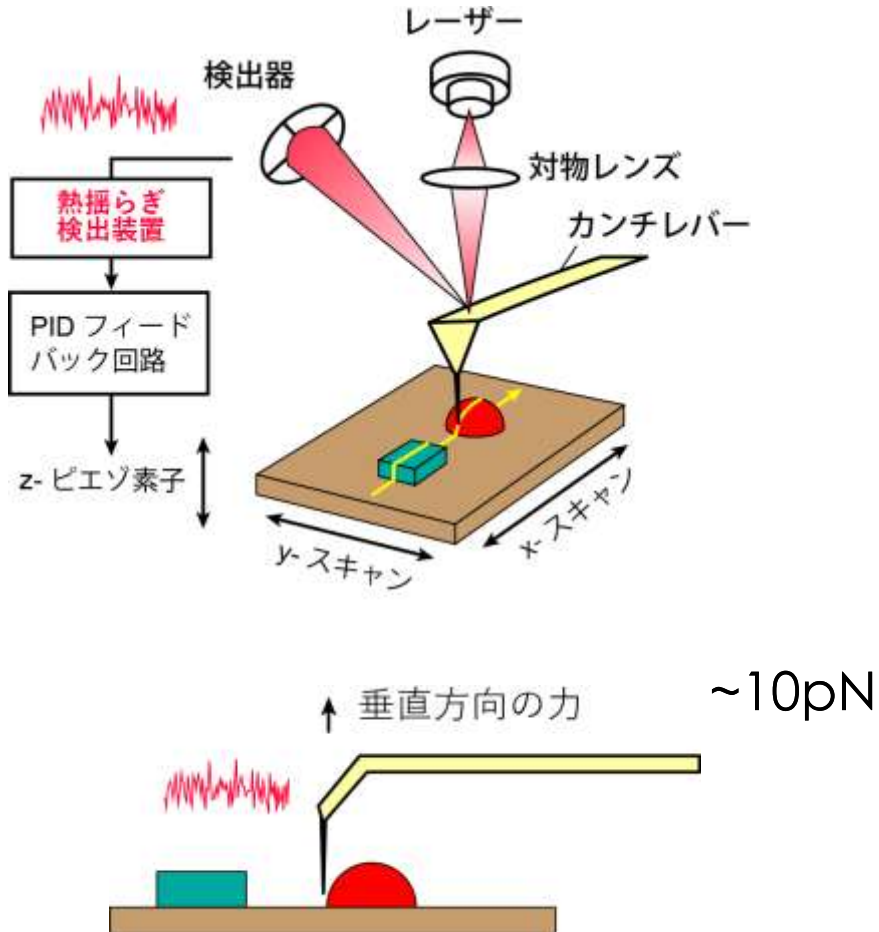
利点：

- ✓ 水平方向の力を小さくできる
- ✓ 様々な試料を測定できる

欠点：

- ✓ 一般的に垂直方向の力は数十pN以上
- ✓ タッピング力で試料が破壊されることがある

# 新技術の特長



- 探針と試料が接触する際に生じる**カンチレバーの熱揺らぎの減衰を制御**することにより、試料表面を優しく測定する

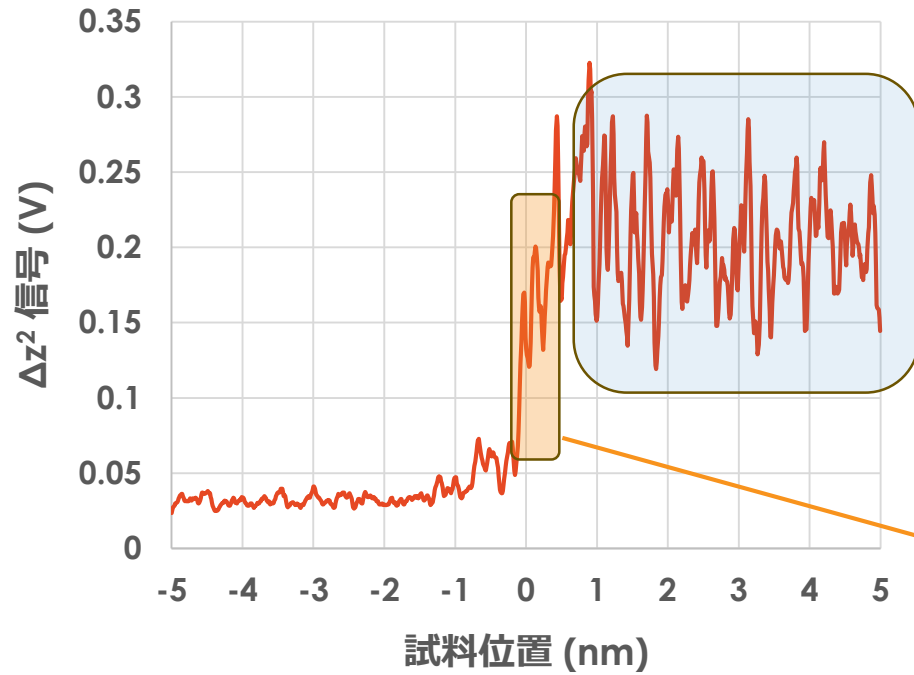
利点：

- ✓ 垂直方向の**力を小さくできる (<10pN)**
- ✓ タッピングモードやコンタクトモードで容易に破壊されるような、**構造が脆弱な試料の測定**に向いている

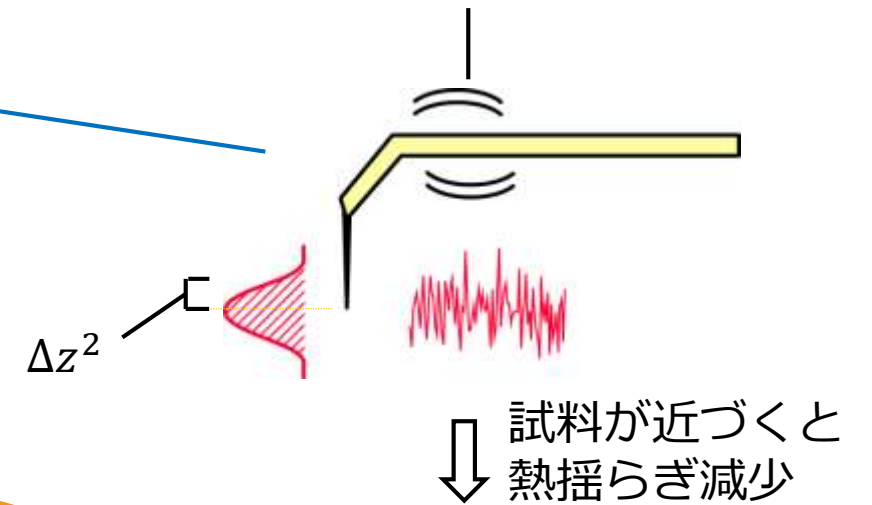
欠点：

- ✓ タッピングモードやコンタクトモードと比較して測定に時間がかかる

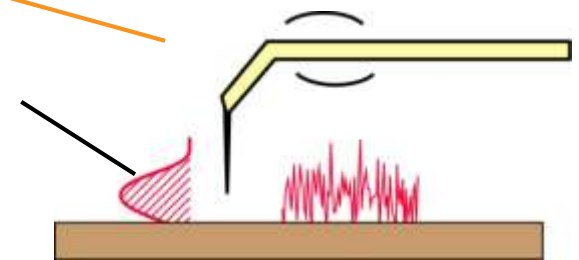
# カンチレバーの熱揺らぎ



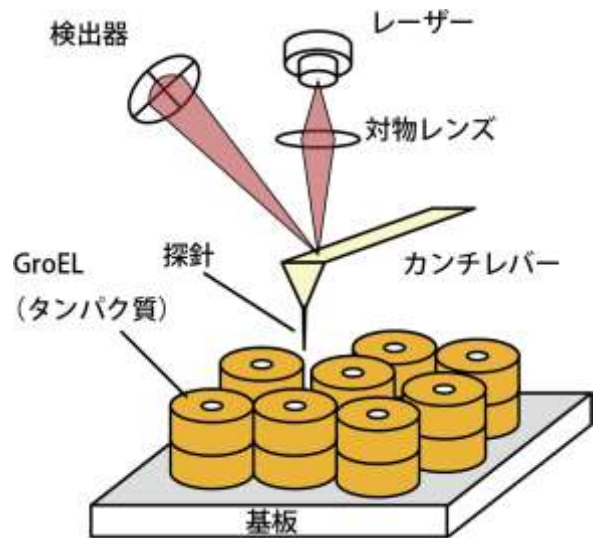
周囲の分子との衝突によって  
不規則に振動する (ゆらぐ)



試料表面が探針の釣り合いの位置に  
来るより手前から熱揺らぎ減少し始  
める



# 本技術によるタンパク質の観察



GroELはふたつのリングからなる構造をしたタンパク質。  
本技術では、ほぼ非破壊で観察可能。

### 本技術

熱揺らぎ  
熱揺らぎ減少

30 nm

### タッピングモード

強制振動  
振幅減少  
解離

30 nm

### コンタクトモード

解離 (破壊)  
たわみ

30 nm

# 想定される用途

---

- 本技術を様々なタンパク質観察に適用することで、これまで見るのが困難だったものを観察できるメリットが大きいと考えられる。
- 上記以外に、有機化合物のポリマーなど柔らかい試料のナノサイズの構造観察にも効果が得られることも期待される。