

Bimodal FM-AFM を用いた KBr(100)表面の大気中原子分解能観察

Atomic resolution observation on KBr(100) surface with bimodal FM-AFM in ambient

°大江 弘晃^{1,2}, Diminik Kirpal², Daniel S. Wastl², Alfred J. Weymouth², Franz J. Giessibl²,
新井 豊子¹(1.金大院 自然、2.Univerty of Regensburg)

°Hiroaki Ooe^{1,2}, Dominik Kirpal², Daniel S. Wastl², Alfred J. Weymouth², Franz J. Giessibl²,
Toyoko Arai¹ (1.Kanazawa Univ., 2.Univ. of Regensburg)
E-mail: hioo@stu.kanazawa-u.ac.jp

近年、周波数変調原子間力顕微鏡(FM-AFM)の高感度化によって、環境制御を要しない大気中の原子分解能観察が可能となった。2013 年の qPlus センサーを用いた KBr(100)表面の大気中原子分解能観察では、力センサーの振動振幅が 50 pm から 150 pm 程度で観察像は最も高い S/N を示し、高分解能観察に適した振幅範囲($A_{\text{opt}} \approx 75\text{pm}$)が存在することが報告された^[1]。しかし、この S/N の高い振幅依存性は従来の FM 法の雑音では説明できない結果であり、試料表面の水膜との関係が議論されたが、確かな結論は未だ得られていない。

本研究では、大気中 FM-AFM 観察像の S/N と振動振幅の関係を考察するために、バネ定数 $k = 1800\text{N/m}$, $f_{1\text{st}} = 33\text{kHz}$ の qPlus センサーを用いて、力センサーの一次共振モード($A_{1\text{st}}, f_{1\text{st}}$)または二次共振モード($A_{2\text{nd}}, f_{2\text{nd}}$)のみを加振する Monomodal FM-AFM 観察と、二つの共振モードを同時に加振し、それぞれの周波数シフトを同時計測する Bimodal FM-AFM 観察を行った。

KBr(100)表面の高さ一定モード観察像(図 1)では、Monomodal 計測は一次共振モード(c)、二次共振モード(d)ともに大気中観察に最適とされる振幅($A_{\text{opt}} = 75\text{pm}$)で原子分解能が得られているが、それらを組み合わせた Bimodal 計測(g,h)では原子分解能は得られなかった。 $A_{1\text{st}} = A_{2\text{nd}}$ の条件で振動振幅を小さくしていくと、それぞれの振幅が 30 pm から 50 pm 程度までで原子分解能が得られ、振幅 40pm 程度での計測が最も良い S/N を示した(g,h)。これらの結果は、観察像の S/N は振動サイクルにおける探針試料間の距離の変化($Z_{\text{p-p}} = 2A_{1\text{st}} + 2A_{2\text{nd}}$)に依存することを示している。大気暴露した KBr(100)表面は薄い水膜に覆われており^[2]、Monomodal 計測・Bimodal 計測ともに観察像の S/N が低下する $Z_{\text{p-p}}$ は、水分子の大きさと同程度であった。また、 $Z_{\text{p-p}} < 200\text{pm}$ かつ $A_{1\text{st}} \neq A_{2\text{nd}}$ での観察像の比較を行い、大気中 FM-AFM 観察像の高い S/N を得るためには、 $Z_{\text{p-p}}$ が水分子の大きさよりもわずかに小さくなる振幅に設定する必要があることを示す。

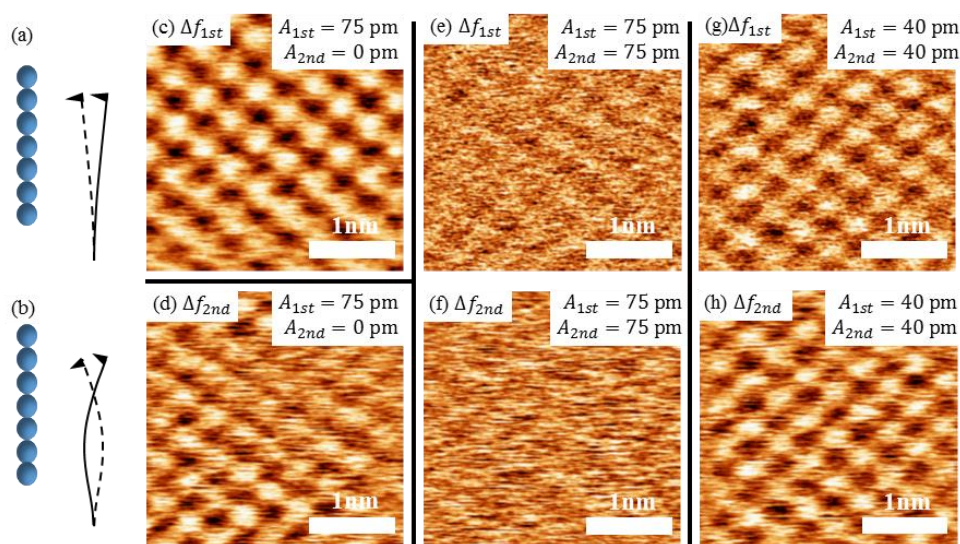


図.1 カセンサーの振動モデル(a)一次共振モード(b)二次共振モード。KBr(100)表面で取得した Monomodal 計測の(c) $\Delta f_{1\text{st}}$ 像(d) $\Delta f_{2\text{nd}}$ 像。Bimodal 計測 $A_{1\text{st}} = A_{2\text{nd}} = 75\text{pm}$ の(e) $\Delta f_{1\text{st}}$ 像(f) $\Delta f_{2\text{nd}}$ 像。Bimodal 計測 $A_{1\text{st}} = A_{2\text{nd}} = 75\text{pm}$ の(g) $\Delta f_{1\text{st}}$ 像(h) $\Delta f_{2\text{nd}}$ 像。計測は高さ一定モードで行った。

- 参考文献 [1]D. S. Wastl, A. J. Weymouth, and F. J. Giessibl, Phys. Rev. B, **87**, 245415 (2013).
[2]T. Arai et al., Langmuir, **31**, 3876 (2015).