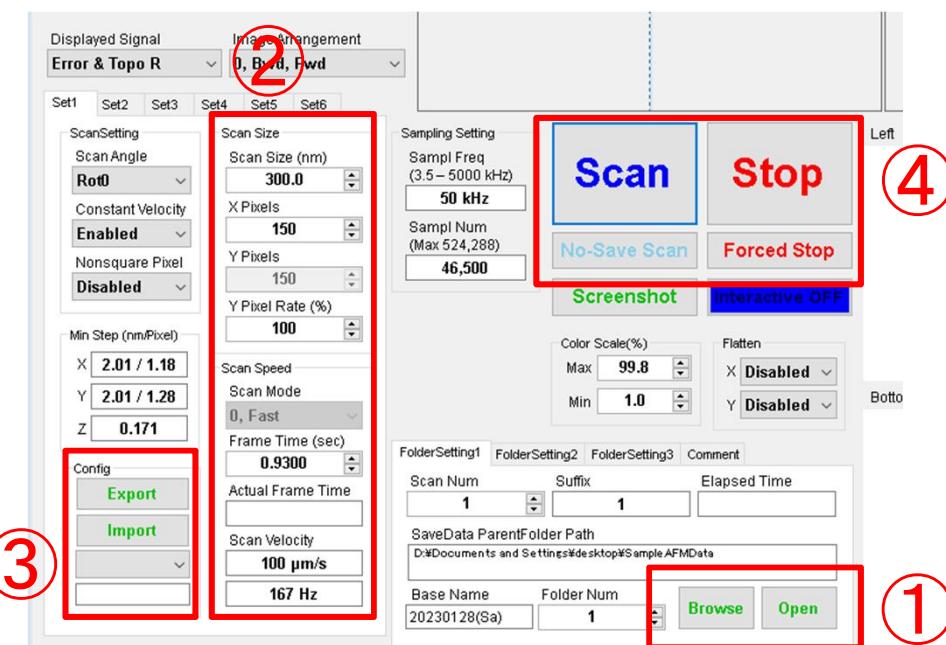


Quick Guide for UMEX Sample-Scan HS-AFM

基本操作

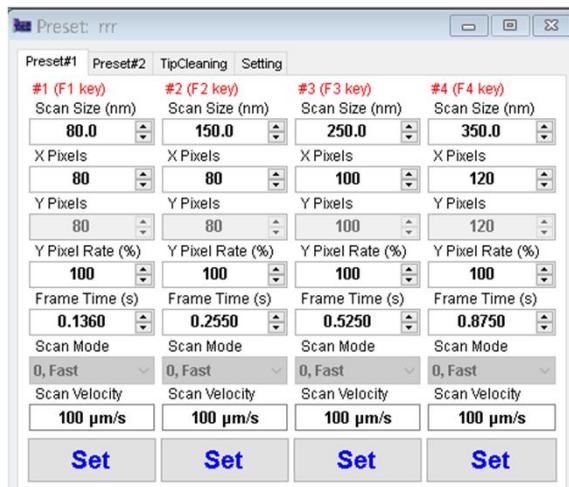


1. Browseボタンで保存フォルダーの設定を行う。Openボタンを使って、設定したフォルダーをエクスプローラーで開くことができる。
2. スキャンサイズやピクセル数の設定を行う。デフォルトだとConstant Velocityが有効になっており、Frame Time (sec)を変更すると、Scan Velocityが設定される。その後、スキャンサイズやピクセル数を変更すると、Velocityが変化しないようにFrame Timeが自動で設定される。Scan Velocityは通常50～150 μm/sの範囲で設定し、分子を壊さずに見たい場合には50 μm/s程度、とにかく高速な現象を観察したい場合には150 μm/s程度に設定する。
3. 設定したパラメータはConfigのところで、保存することができる。プログラム再起動後に、Importボタンで復元することができる。テキストボックスに自分の名前を入力しておくと、複数のユーザーで使い分けるのに便利。
4. スキャンを開始するためには、「Scan」ボタンを押す。スキャンを止めたい場合には、StopかForced Stopボタンを押す。Stopボタンは一枚イメージを取得し終わった直後に終了する。Forced Stopボタンは押した直後に終了する(そのため、最終フレームが中途半端なところで保存される)。Frame Timeが小さい場合には、Stopボタンのみを使えば良いが、Frame Timeが大きい場合に、使い分ける必要性が出てくる。

重要

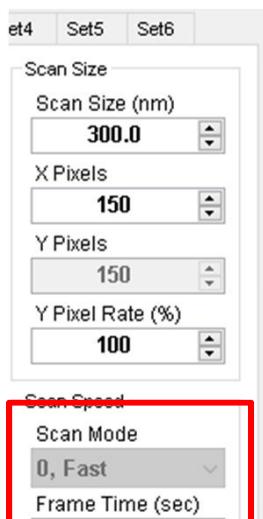
1. Y Pixel Rate(%)で、イメージのアスペクト比を設定することができる。この時、Y Pixels (R=100%)で設定するピクセル数はY Pixel Rate=100%の時のピクセル数を意味し、実際の設定されるY Pixelsは、Y Pixels (R=100%) × Y Pixel Rateで自動計算される。そのため、Y Pixel Rate(%)に応じて、Y Pixelsを設定する必要がない。
2. 例えば、Y Pixel Rate=50%に設定して、X Pixelsを100、Y Pixels (R=100%)を50に設定すると、実際の測定では、100x25ピクセルの設定になってしまう。
3. もし、非正方ピクセルを使いたい場合も、Nonsquare Pixelを2xや3xに設定することで自動計算されるため、イメージのアスペクト比に応じてピクセル数を設定する必要はない。

基本操作



通常は、イメージングウインドウのスキャン設定を直接変更するよりも、プリセットウインドウのパラメータに設定しておき、「Set」ボタンでセットする使い方の方が便利。
ここで設定したパラメータもConfigのところで保存しておき、ソフトウェア再起動後に復元することができる。

スキャンモード

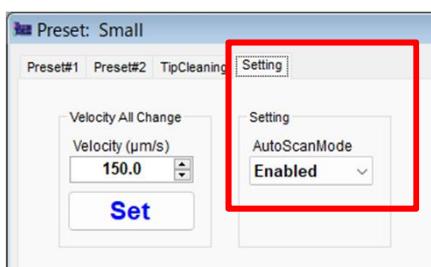


スキャンモードには、FastとHighResoの二種類がある。

Fastはイメージ一枚ごとに、データの取得を行う方法である。DAコンバーターのメモリーの最大件数が524,288であるため、最大で500x500ピクセル程度までしかピクセル数を増やすことができない。また、サンプリング周波数の下限値が3.5 kHzであるため、Ultra-Largeスキャナーを使った際に、低速スキャンすることができない。

HighResoモードでは、Xスキャンラインごとにデータの取得を行う方法である。このため、上記で述べたデータ件数の上限値の問題がなくなり、代わりに、DAコンバーターの分解能である12bit(=4096)が上限となる。そのため、最大で20000x4096ピクセル程度までピクセル数を増やすことが可能となる。また、Ultra-Largeスキャナーを使った際に、低速スキャンすることが可能となる。ただし、データの取得時にわずかにレイテンシーがかかるため、フレームレートが設定値よりもわずかに遅くなる。また、データ取得時にスキャンが一瞬停止するため、ピエゾのバックワードイメージの左端が不連続になってしまう問題がある。また、スロープ補正がかけられないため、Flattenなどのイメージ処理が必要となる。

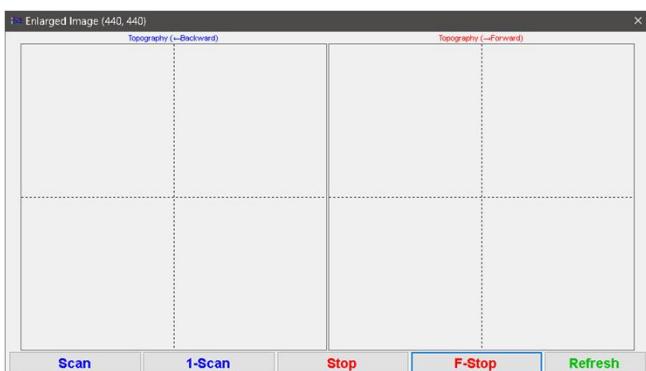
Igorプログラムでは、Fastモードしか使えないため、大きなピクセル数が使えないという問題があった。



デフォルトの設定では、FastとHighResoの切り替えは、ピクセル数やフレームレートに応じて自動で行われるため、ユーザーは特に気にする必要はない。

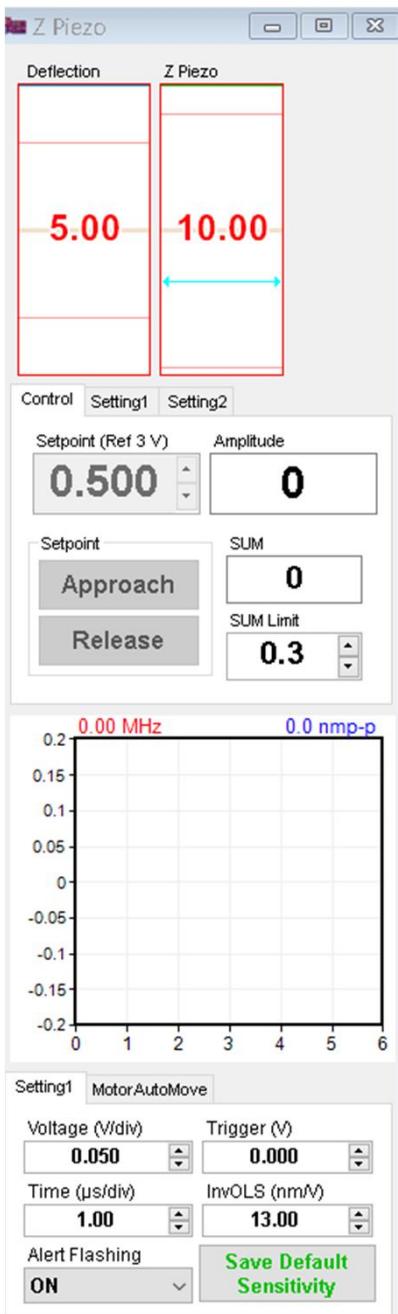
手動で切り替えたい場合には、PresetウインドウのSettingタブでAutoScanModeをDisabledに変更する。

エンラージウンドウ



大きなスキャン範囲を高ピクセル数で観察した際に、通常のイメージングウインドウだと見づらくなるが、エンラージウンドウを使えば、ウインドウを大きく広げることができるので便利。

計測器メーター



AFM観察中に常にモニタリングする必要のある信号はイメージの真横にある、Z Piezoウインドウに表示されているため、測定中に横や後ろなどを振り向かずとも確認することができる。

Deflection: グラビトンのSubtractあるいはQuotientが表示される

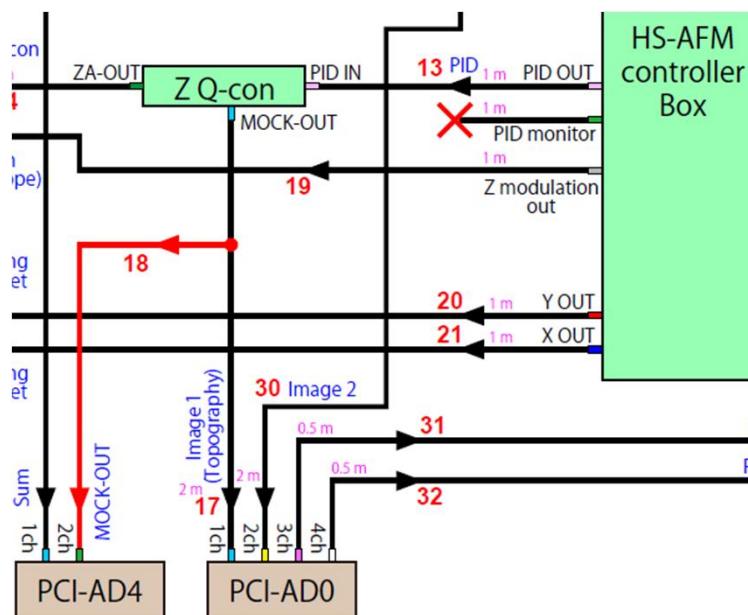
Z Piezo: ツジ電子のフィードバック回路の前面パネルの針が表示される。

Amplitude: 振幅計測器の振幅値が表示される。

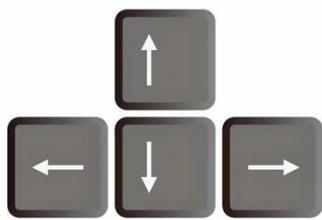
Sum: グラビトンのSumが表示される

なお、データが上限あるいは下限に達するとウインドウが赤く点滅して知らしてくれる仕様になっている。上限・下限値はSetting1やSetting2で設定することができる。この赤く点滅する機能を無効化したい場合には、ウインドウ下部にあるAlert FlashingをOFFにすれば良い。

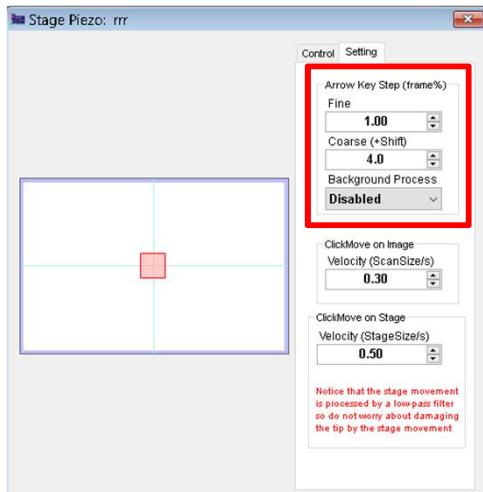
なお、Z Piezoの信号に関して、Qコントローラーの0.5倍をオンにした状態で、デフォルトのBNCの接続の仕方を用いると、±10 Vの出力電圧のうち、±5 Vのみがクリップして表示されるため、電圧レンジ全体をモニタリングすることができない。そのため、下にあるダイアグラムにあるように、デフォルトではHS-AFM Controller Box裏面にあるPID Monitorの信号がPCI-AD4に接続されているが、Z Q-ConのMOCK-OUT出力をT字プラグで分岐して、代わりにPCI-AD4に接続する必要がある。



キーボード操作



1. キーボード上のカーソルキーで探針位置を動かすことができる。シフトキーを押しながら、カーソルキーを操作することで、粗動での操作ができる。
2. 探針駆動の速度はステージウインドウで設定できる。



マウス操作

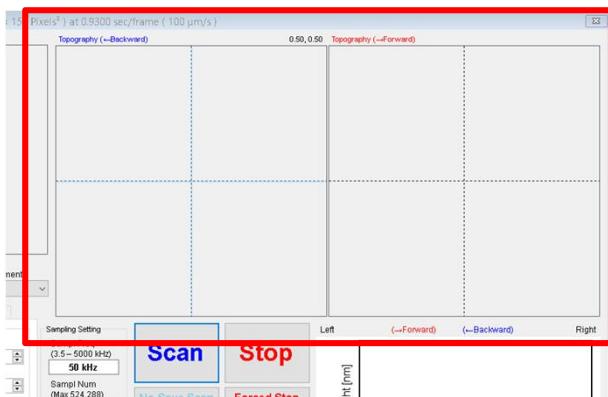
1. 数値ボックスやコンボボックスを選択する際には、左クリックを用いるため、右クリックとミドル(ホイール)クリックに機能をアサインしている。

右クリック

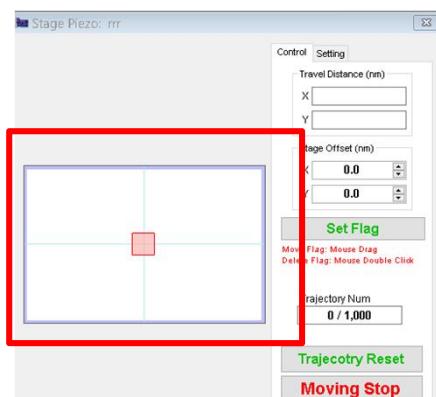


1. AFMイメージ上で右クリックすると、クリックした位置が、中央になるように探針位置を移動させることができる。
2. ステージ画面上で右クリックするとそのクリックした位置に、探針位置を動かすことができる。
3. キーボードの矢印キーでも探針位置を操作可能だが、大きく動かしたい場合には、マウスの右クリック操作、ドリフトする分子を追っかけたい場合など微調整したい場合にはキーボード操作、というように使い分ければ良い。

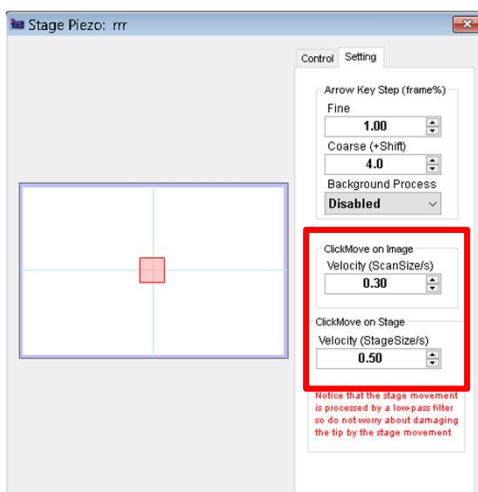
AFMイメージ



ステージ画面



5. 探針駆動の速度はステージウインドウで設定できる。

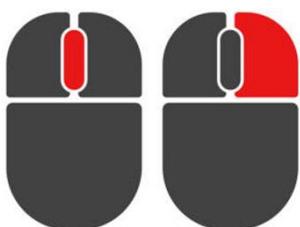
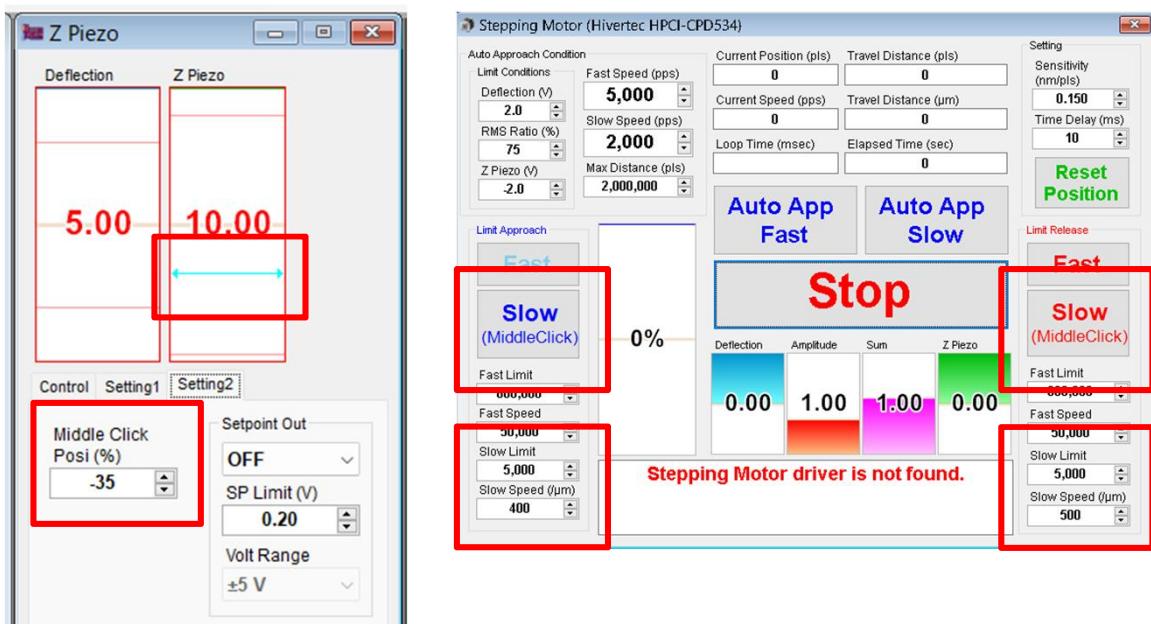


マウス操作(続き)



ミドルクリック

1. プログラムのどこでも良いので、ミドルクリックを長押しすると、Zピエゾのメーター上において現在位置が水色の矢印位置になるように、自動でステッピングモーターを実行することができる。試料が近づいているか遠ざかっているがで、の Slow ApproachあるいはSlow Releaseが自動で選択される。矢印の位置はZ PiezoウインドウのSetting2で設定することができる。



右クリック・ホイール操作

スキャンサイズなどの数値ボックスを設定する際に、キーボードで直接入力しても良いが、マウスのホイール操作でも行うことができる。普通にホイールを回すと粗動での調整。右クリックを押しながら、ホイールを回すと微動での調整となる。

モーター操作

アプローチ時、

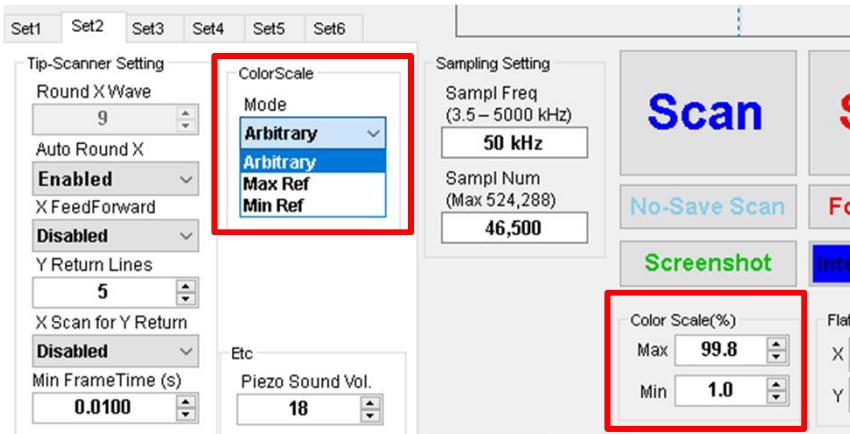
- Fast Speedを5000 pps(pulse per second)にした状態で、「Auto App Fast」ボタンでアプローチを開始する。
- 試料が近づいてくると振幅値を徐々に増大してくるので、Time Courseウインドウにおいて振幅値の時間変化を常にチェックしておく。更に試料が接近すると、振幅値が急激に減少するため、振幅計測器のゲインを上げながら、何度か「Auto App Fast」ボタンを押す。



実験終了後、リリース時、

- デフォルトの設定で、Fast Limit Releaseを実行し、メーターが50～100%になるまで待機し、Stopボタンを押す。
- 同じスキャナー・ガラスステージの場合には50%程度で止めれば良い。スキャナーやガラスステージを変える場合には、前回と比べて試料表面の位置が変わる可能性が高いため、100%まで引き上げておく。

カラーコントラスト



イメージングウインドウのSet2にある「ColorScale」でカラースケールのモードを切り替えることができる。デフォルトだとArbitraryになっており、Scanボタンの下にある「ColorScale(%)」でカラーの上限・下限値を設定することができる。イメージ全体で輝度値を取得し、輝度値順にソートした後に、Max～Minの範囲内の輝度値のピクセルが輝度値の最大～最小になるようにスケーリングを行う。つまり、Maxを100%、Minを0%にすると、イメージ内の輝度値最大および最小が実際の表示されるイメージの最大および最小輝度値として表示される。イメージにはノイズがあるため、99.8～1.0%のように少し100～0%からずらした方が良い。

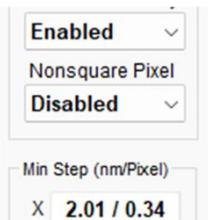
基本的には、Arbitraryを使っていれば問題ないが、吸着分子が出たり消えたりする場合や、観察したい分子よりも大きな構造物がある場合などに、カラースケールを固定した方が見やすい場合がある。その場合には、MinRefやMaxRefを用いる。

MinRefは、輝度値の下限をArbitraryと同じ方法で求めた後に、求めた下限値からDiffで設定した高さで足し算した値を輝度値の上限値として用いる。

MaxRefは輝度値の上限をArbitraryと同じ方法で求めた後に、求めた上限値からDiffで設定した高さで引き算した値を輝度値の下限値として用いる。

平坦な分子上の分子を観察する場合には、基板の輝度値を基準とする必要があるため、MaxRefを使うケースはほとんどない。

Non-square pixel



例えば、 $100 \times 100 \text{ nm}^2$ を $100 \times 100 \text{ pixel}^2$ の設定で観察すると、ピクセルサイズは $1 \times 1 \text{ nm/pixel}^2$ となり、正方形ピクセルとなる。一方で、 $100 \times 100 \text{ nm}^2$ を $200 \times 100 \text{ pixel}^2$ の設定で観察すると、ピクセルサイズは $0.5 \times 1 \text{ nm/pixel}^2$ となり、長方形ピクセルとなる。

AFM測定では、フレーム時間はY方向のピクセル数には依存して大きくなるが、X方向のピクセル数には依存しない特性をもつ。そのため、X方向のピクセル数だけを大きくすることで、フレームレートを下げずに空間分解能だけを向上することができる。

Arbitraryを設定することで、XとYを独立して任意のピクセルを設定することができる。一方で、Arbitraryは特殊な測定でしか使用されない。

通常の測定では、Yピクセルの2倍や3倍など決まった定数をXピクセルに設定することが多い。そのため、ピクセル数を変更する度に、二つの数値ボックスに値を入力するのは面倒なので、2xや3x、4xを使うことで、Yピクセルを入力すると自動でXピクセルにも決まった定数を乗算した数値が入力されるので、通常はこちらを使用することが推奨される。

ただし、非正方形ピクセルを使った場合には、ビューア上でガウシアンスムージングをかけないとノイジーな画になってしまい、また、保存されるファイルサイズが大きくなってしまう問題もある。通常は、非正方形ピクセルを無効にしておき、綺麗な画を撮りたい時の有効にする方法が推奨される。

Flatten

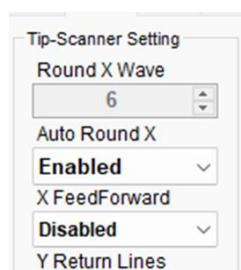


AFMイメージをXおよびYラインごとに多項式フィッティングを行い、バックグラウンドの高低差をゼロにする画像処理。通常の測定では不要だが、スキャナーリンギングがひどい場合や、高低差のある表面上にある小さな分子を見やすくしたい場合などに使うと効果的。

設定した内容は、イメージ上でのみ画像処理が反映され、保存されるASDファイルには反映されない。そのため、データ解析時にFlattenを使いたい場合にはビューア上においてFlattenを有効にする必要がある。

X-Rounding

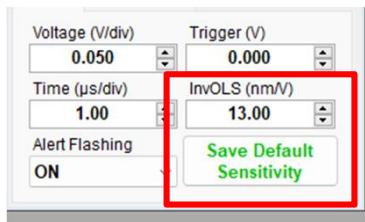
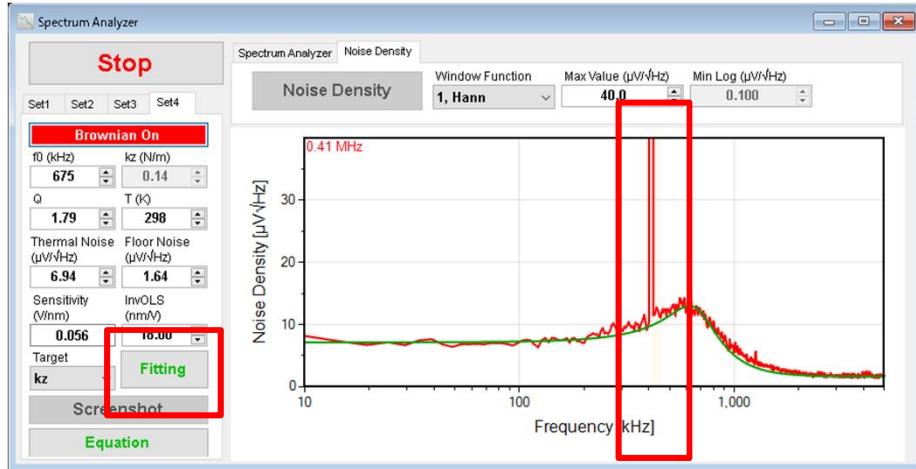
Xピエゾを走査するために、通常三角波が用いられる。一方で、三角波はフーリエ変換すると以下のように高い周波数まで成分が含まれる。



$$f(x) = \frac{4}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \sin\left(\frac{n\pi}{2}\right) \sin(nx)$$
$$= \frac{4}{\pi^2} \left[\sin(x) - \frac{1}{9} \sin(3x) + \frac{1}{25} \sin(5x) - \frac{1}{49} \sin(7x) + \dots \right]$$

そのため、遅いスキャン周波数であってもピエゾの共振を叩いてしまい、イメージ上にリンギングが表れることがある。そのため、三角波の高周波成分を除去した波形を用いることで、リンギングの影響を抑えることができる。X-Roundingにおいて、高周波成分の最大次数を設定する。デフォルトだと5が設定されている。0を設定すると、三角波がそのまま設定される。Auto Round XがEnabledになっていると、スキャナの共振周波数と、スキャン周波数に応じて、次数が5~9の間で、自動で設定される。

Brownian Fitting



カンチレバーのばね定数のキャリブレーション

「Fitting」ボタンを押すことで、カンチレバーのブラウニアノイズに理論式をフィッティングすることができる。キャリブレーションされたInvOLSが入力されているとばね定数(kz)を測定することができる。InvOLSはマイカ上でフォースカーブを使って測定を行い、「Z Piezo」ウインドウの下端にある数値ボックスに数値を入力し、「Save Default Sensitivity」ボタンを押すことで次回ソフトを起動した時に自動で復元することができる。

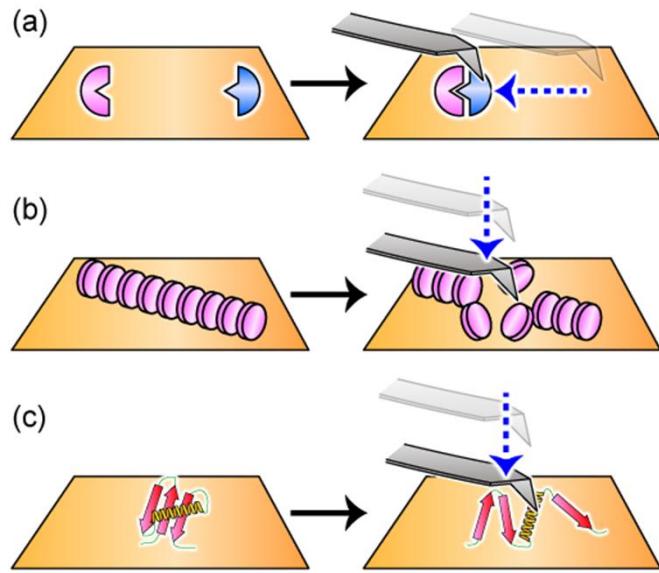
最適な励振周波数の表示

また、励振周波数の最適化に関しても行うことができる。高速AFMは振幅値をフィードバック信号として用いるAmplitude-Modulation (AM)-AFMモードで動作する。AM-AFMにおいて、共振ピークよりも少し低周波で励振することで、最適な力検出感度を得ることができるため、壊れやすい分子を壊さずに観察することができる。フィッティングすると、右側のスペクトルで最適な励振周波数がオレンジ色の四角が表示される。まず、振幅計測器の励振周波数を、その四角内に合わせた後、その中でもっとも励振効率が良くなる周波数にチューニングすることで最適な力検出感度が得られる。

参考文献

Physical Review Applied 23, 034065 (2025)

Interactive Mode1



インタラクティブモードを使うことで、イメージング中に狙った位置において、探針を試料表面に接触させることができる。これにより、表面上の分子をマニピュレーションして、別の分子を結合させたり、分子集合体を破断したり、タンパク質を変性させたりなどといったアプリケーションが考えられる。

In-lineフォースカーブモードを使えば、イメージング中に狙った位置において、フォースカーブを取得することもできる。

Setting for Controller

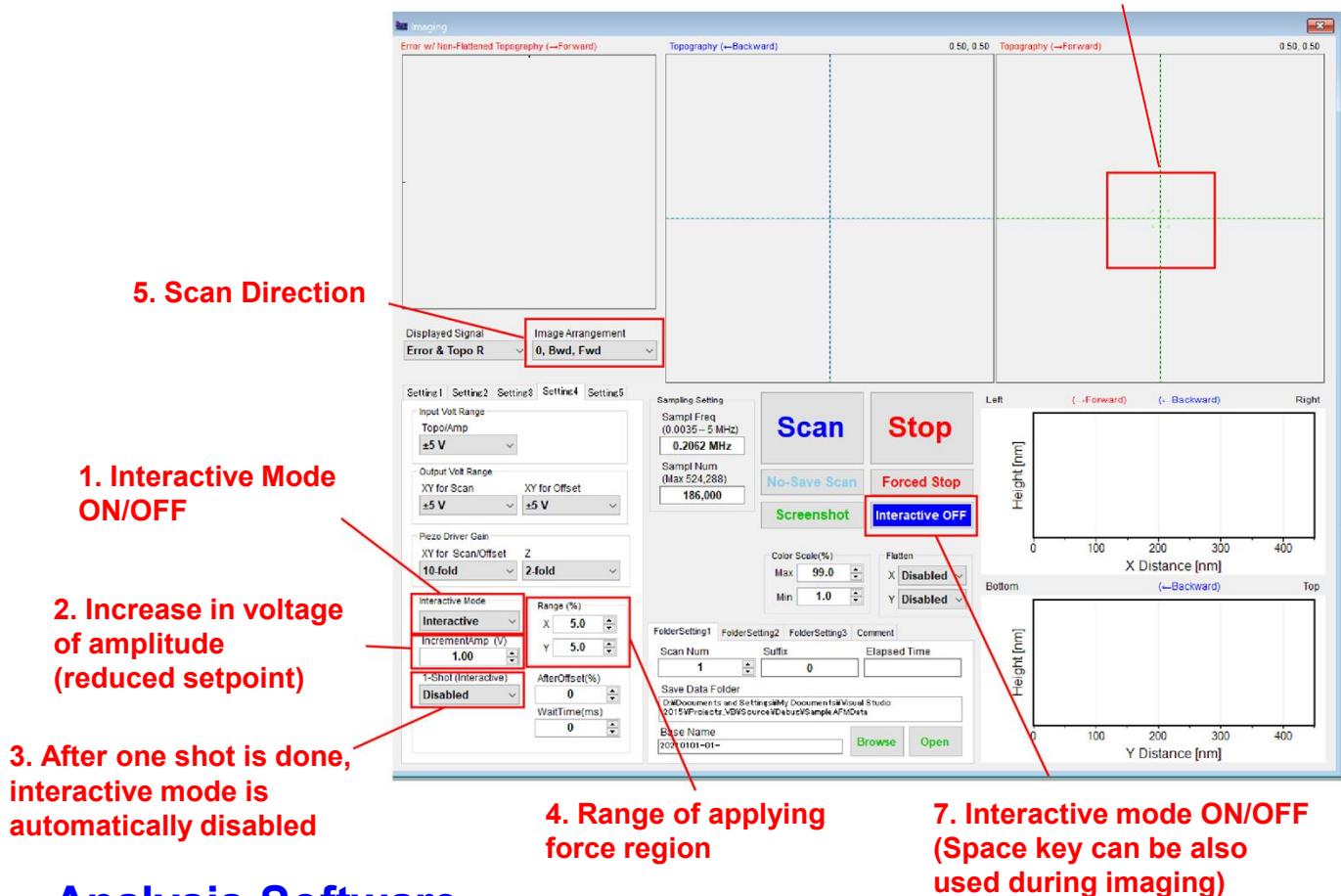
Back panel of Tsuji feedback circuit.



Please confirm that the “Sig. Modulation in”switch is flipped on before the measurement.

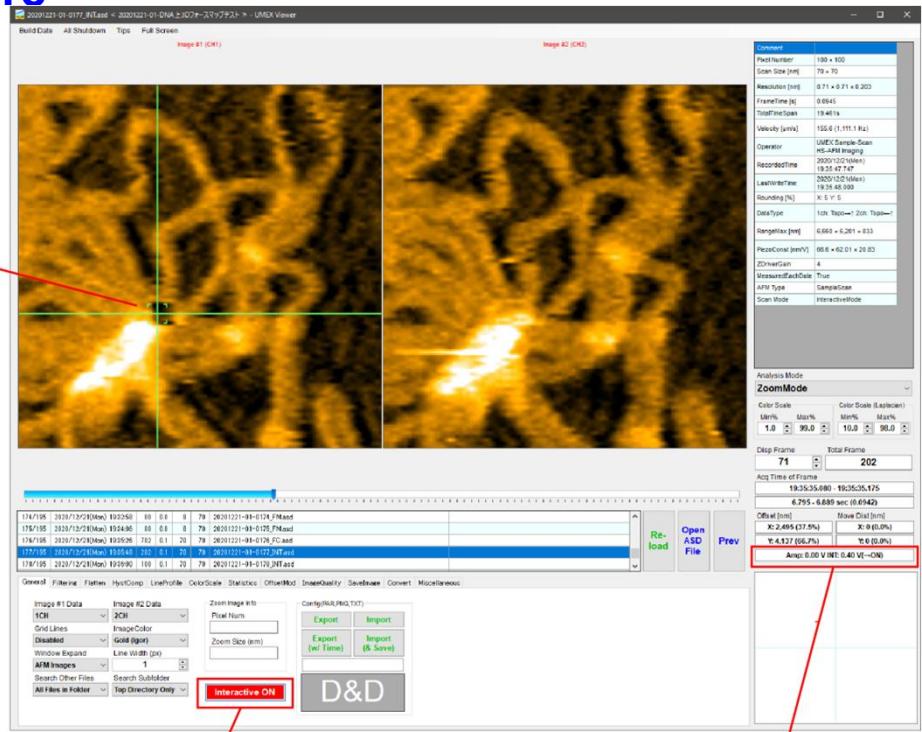
Interactive Mode2 Control Software

6. Position of Interactive mode (Position can be changed by mouse drag)



Analysis Software

Region where the force is applied is displayed

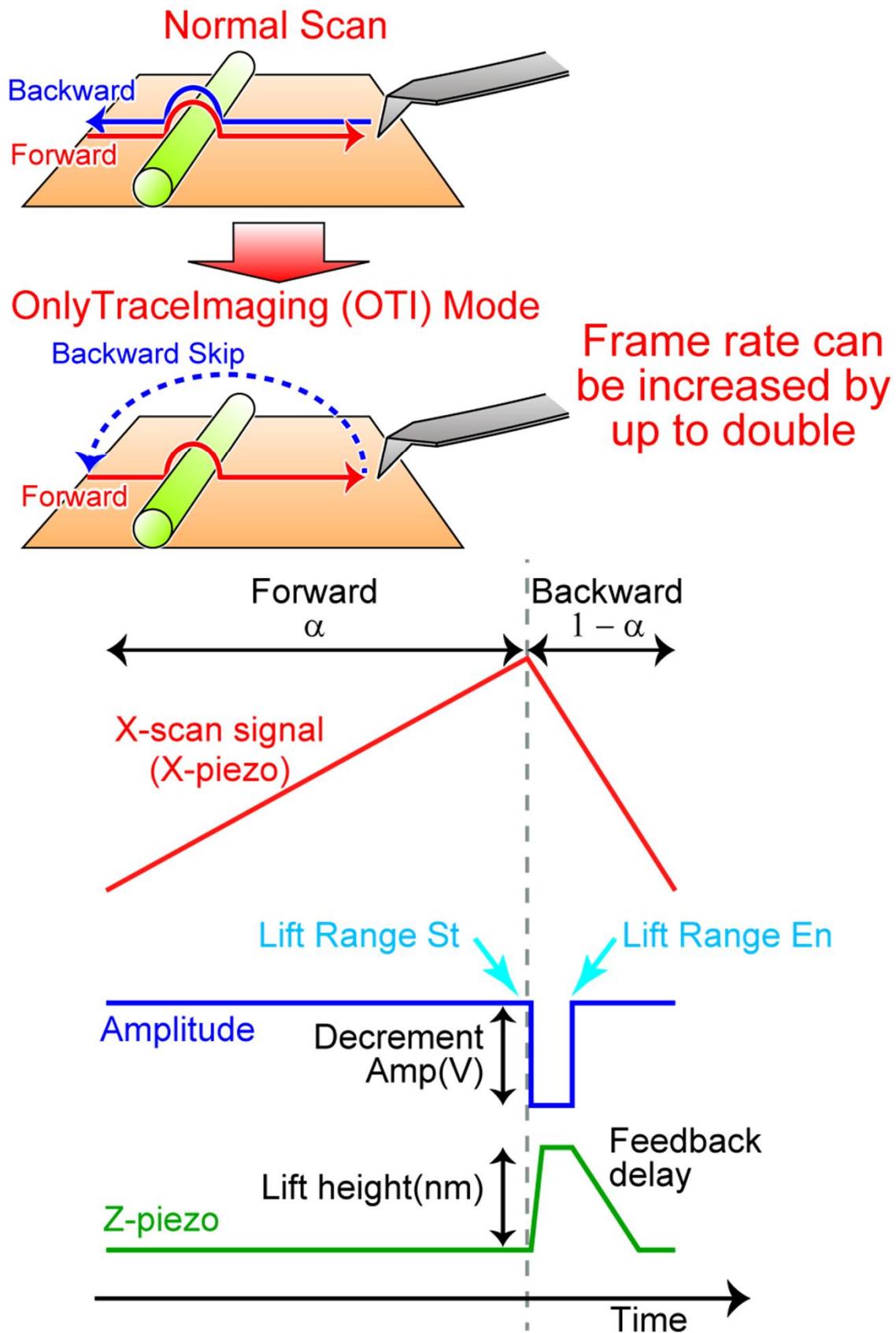


Display of applying force region ON/OFF

Increased voltage is displayed

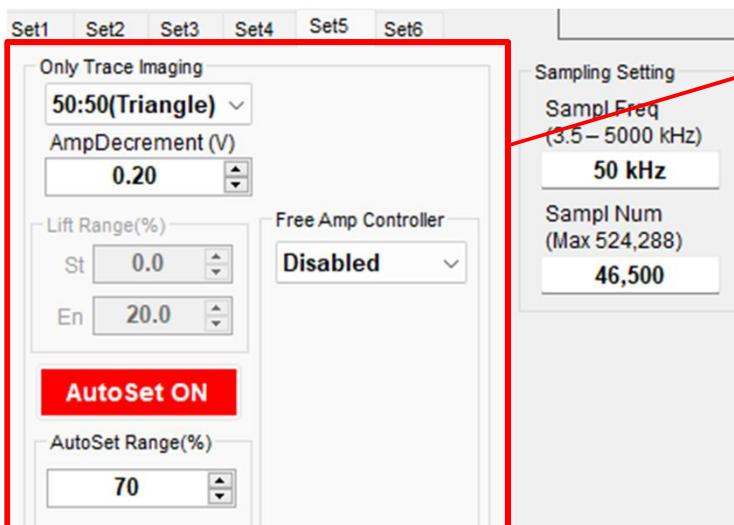
OnlyTraceImaging Mode 1

Principle

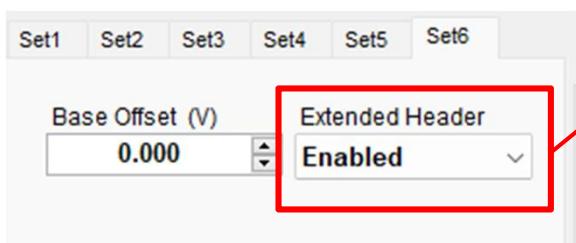


OnlyTraceImaging Mode2

Control Software



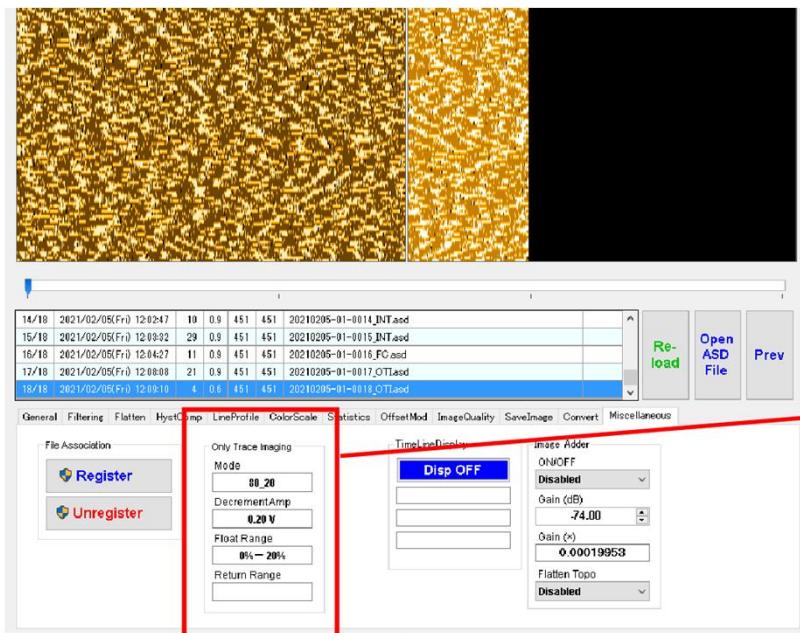
OTIモードの設定はここにある。



Extended HeaderをEnabledにすることで、OTIのパラメータをASDファイル内に保存することができる。このデータはUMEX Viwerにより確認することができる。ただし、ビューアによって、仕様が異なるため、ビューアによってはファイルが正常に開けなくなる問題が生じる。
Kodec→問題無く開ける。
Falcon Viewer (Igor)→ASDファイルは正常に開けるが、編集ファイルを正常に保存できない。

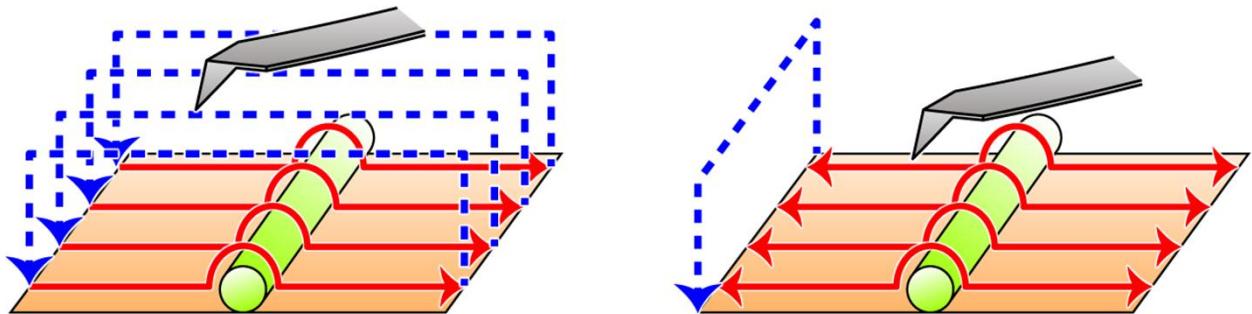
ImageJ with Load_ASD_32bit Plug-in→オリジナル版だと正常に開けないため、修正版を使う必要がある。

Analysis Software



OTIモードで使用したパラメータはフレーム毎にASDファイルのフレームヘッダーに保存されるため、UMEX Viewerで確認することができる。

Free Amp Controller



Rev. Sci. Instrum. 87, 053705 (2016)

AM-AFMには、測定中にフリー振幅値が時間とともに変動することで、同じセットポイントであっても、試料に加わるフォースが変化してしまう問題がある。そのため、測定中に一時的に探針をリフトアップし、フリー振幅値を計測し、励振電圧を自動調節することで、長時間に渡って連続的にイメージングすることが可能となる。

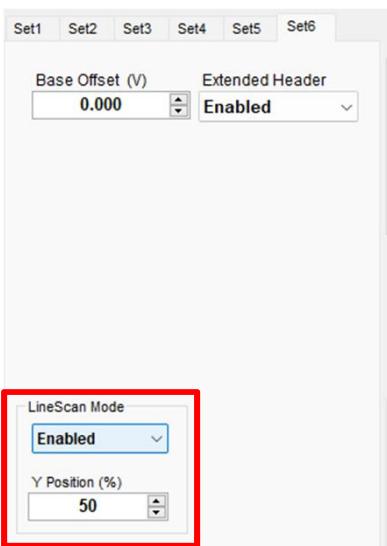
方法1(左)

オリジナル文献だと、Backwardスキャン中にリフトアップするが、この方法だと、速くスキャンした場合などにリフトアップが不十分になってしまったり、フィードバックパラメータの設定とともにリフトアップの設定も調節する必要があるなどのデメリットがある。

方法2(右)

そのため、Y Return中にリフトアップする方法も実装した。この方法であれば、安定して自由振幅値を取得・設定することができる。ただし、この方法にも問題があり、イメージの下端が少し低くなってしまうことがある。凹凸のある表面の場合にはほとんどきにならないが、平坦な表面の場合には、ポストプロセスでFlattenをかける手間が発生するかも知れない。

Line Scan Mode



概要

通常の形状像イメージングとは異なり、Y方向スキャンを行わず、X方向にのみスキャンを行う。X方向の空間分解能に関する情報しか得られないというデメリットはあるが、100倍程度高い時間分解能で計測することができるため、ミリ秒オーダーの現象を可視化することができる。Prof. Simon Scheuringのグループでは、このモードのことをHS-AFM line scanning (HS-AFM-LS) と呼んでいる。カイモグラフと呼ばれることがある。

アプリケーションとしては、

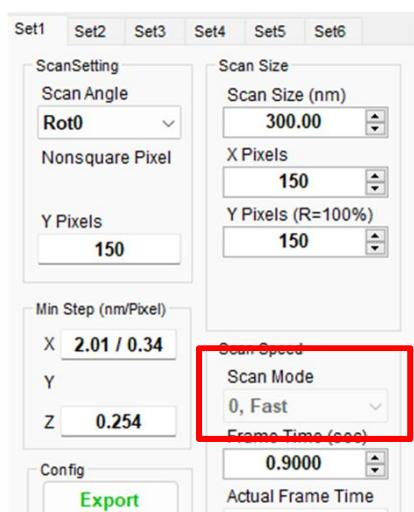
- 二次元結晶やファイバーなどが表面全体をフルカバレージしており、ドリフトが問題にならないような系。
 - 分子脱吸着反応など、表面上にランダムに脱吸着する分子の場合など、2次元的な情報が不要な系。
- などにおいてkineticsを評価するために用いられる。

高速スキャンを行いたいが、ラインスキャンでは、ドリフトや探針位置の精度が問題になり適応できない場合には、ラインスキャンを使うよりもY Pixel Rateを10%程度に設定し、Y pixelを5～10ピクセルに設定して、通常イメージングを行った方が良い。

参考文献

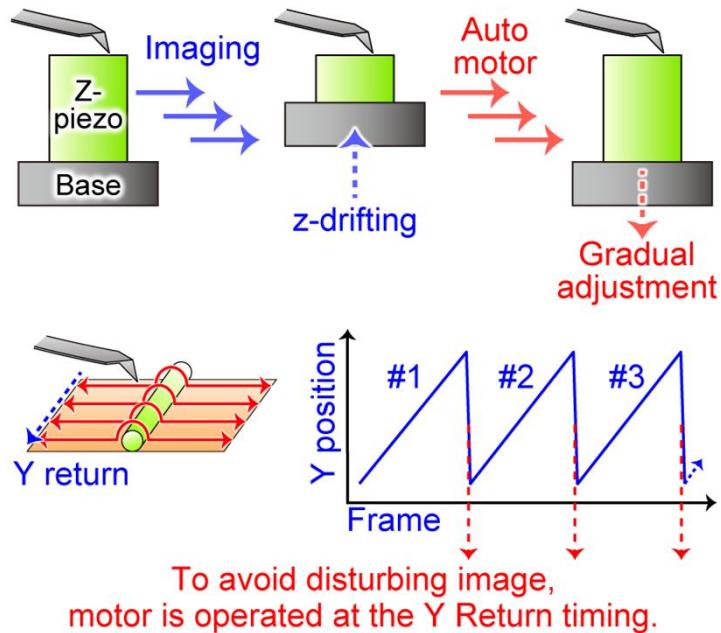
1. Nature Communications 9, 4983 (2018)
2. Nature Communications 11, 5016 (2020)
3. Nature Communications 12, 7225 (2021)
4. Nature Communications 16, 5055 (2025)

設定方法



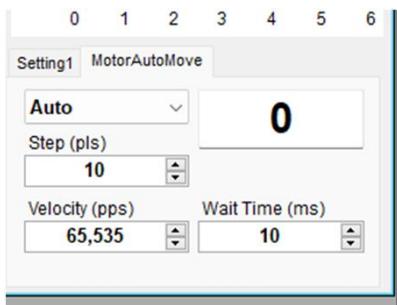
- Y Position (%)でラインスキャンを行うY方向の位置を設定する。0%でイメージの下端、50%でイメージ中央、100%でイメージの上端となる。なお、Y Rateに100%以外の値を設定していたとしても、100%として扱われるため、下端は-X Scan Size/2、上端は+ X Scan Size/2となる。
- なお、Y Position (%)に0%以外の値を設定した場合、スキャン開始時に設定した位置に探針を動かす。そのため、ピエゾのクリープなどの影響により、スキャン開始直後は、Yピエゾがわずかに動くため、最初の1秒程度のデータは捨てた方が良い。
- 通常イメージングと同じで、スキャンサイズやピクセル数を設定する。ScanModeがFastモードの時、一枚のフレームを取得する度に、100マイクロ秒程度のタイムラグが発生するため、連続的にデータを取得したい場合には、Yピクセル数を増やす必要がある。Xピクセル×Yピクセルの上限は520,000ピクセルであるため、Xピクセルが100の時、Yピクセルの上限は2600ピクセルとなる。
- 更にYピクセル数を増やそうとすると、ScanModeがFastからHighResoに自動で切り替わる。HighResoモードでは、一ラインずつデータを取得するため、Yピクセルの上限が300,000ピクセルとなる。ただし、一ラインごとにわずかであるがタイムラグが発生してしまう。

MotorAutoMove



イメージング中にZ方向にドリフトし、Zレンジの端まで来るとイメージングができなくなるため、ステッピングモーターを使って、Z位置補正を行う必要があり、非常に面倒な場合がある。特に、ガラスステージがうまく接着できていない場合などに、Zドリフトがひどくなる。更に、モーターを動かしている間はイメージが歪んでしまう問題がある。

MotorAutoMoveを使えば、イメージング中に自動でモーター制御をしてくれるため、手動での操作が不要となる。イメージング中に、モーターが動作するとその間だけラインノイズが発生してしまうため、Y Return時にのみモーターが駆動するようにスキャンと同期制御されている。



Z Piezoバーの青いラインから大きく外れるとモーターが自動で駆動する。Autoに設定すると、upとdown両方向に動き、AppOnlyやRetOnlyに設定すると、片方向のみに駆動する。

モーターにはバックラッシュがあり、approachした後にretractするために、余分に動く必要がある。更に、ドリフトはほとんどのケースにおいて一方向である。そのため、AppOnlyやRetOnlyを使った方が良い。



Stepにおいて、一回の駆動量を設定する。VelocityやWaitTimeはデフォルトの設定から変更する必要はない。

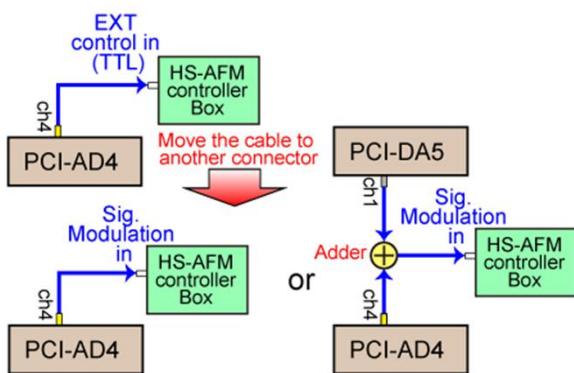
Setpoint Out #1



通常、セットポイントはフィードバック回路により制御を行うが、ソフト上でも設定を行うことができる。

Z PiezoウインドウのSet3タブで、ONに変更することで、Set1タブ上でセットポイントを調節できるようになる。

Wiring setup

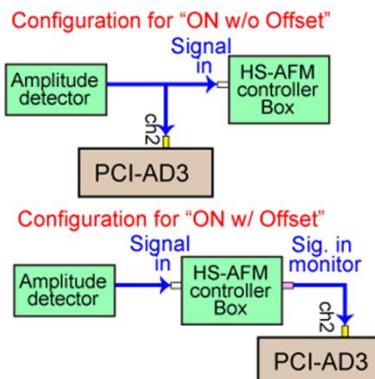


ツジ電子製フィードバック回路にはセットポイント外部制御端子がないため、*Sig. Modulation in* を用いて振幅値を制御し、セットポイント制御を代替する。

ソフトから設定する場合は、配線を左図のように、通常はフィードバックON/OFF制御に使用しているPCI-AD4のch4出力を、「*Sig. Modulation in*」に接続する。

この配線では、OTIおよびインタラクティブモードは使用できない。これらを同時に使用したい場合は、加算器を用いてPCI-DA5のch1信号と合成した信号を入力する。

Software setting 1



セットポイント設定には、以下の二つのオプションがある。

1. ON w/o Offset
2. ON w/ Offset

振幅信号をそのままAD3のCH2で取り込んでいる場合には、「1. ON w/o Offset」を選択する。

金沢大の装置では、振幅値に「*Sig. Modulation in*」信号を重畠したもの AD3 の CH2 で取り込み、振幅値信号としてソフト上で表示している。セットポイント制御する場合には、生の振幅値信号を表示するためには、セットポイント信号を差し引く必要があるため、「2. ON w/ Offset」を選択する。

Setpoint Out #2

Software setting 2

Min Limit (V)

マウスホイールを使用してセットポイントを調節する際の、設定できる下限値を設定する

SP Ref (V)

上述したように、セットポイントを直接外部制御するのではなく、振幅値制御で代替しているため、ハードウェア側のセットポイント値を固定する必要がある。万が一、ソフトがクラッシュした際に、探針がクラッシュしないようにするためにデフォルトではセットポイントを3.0 Vに設定する仕様となっている。



Wheel Inc/Dec (V)

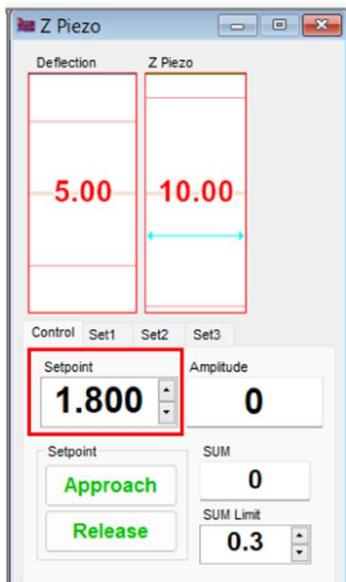
マウスホイールを使用してセットポイントを調節する際の、スクロールステップを設定



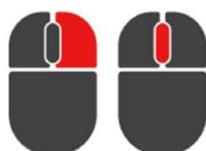
Requirement before experiment

「SP Ref」で設定した電圧値をフィードバック回路のReference値に設定する。

Setpoint adjustment during experiment



「Setpoint」ボックス上でマウスホイールを回して値を調節する。



右クリックを押しながらホイールを回すと微調整できる。

Approach:

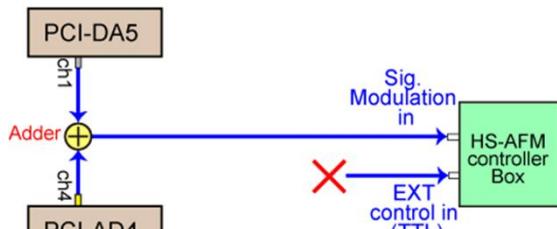
現在の振幅値から「Wheel Inc/Dec」×2を差し引いた値をセットポイントに設定する

Release:

「SP Ref」で設定した値をセットポイントに反映し、探針を遠方まで引き上げる。

Setpoint Out #3

改善案 1

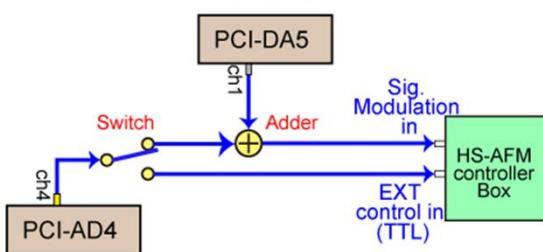


このようにOTI回路を使えば、特に回路を追加することなくセットポイントを調節できますが、OTI機能が使えなくなってしまいます。

改善案1

そのため、加算器を使って、OTI信号とセットポイント信号を加算したものとOTI回路に入れることで、二つの機能を同時に使用することができます。加算器を一つ追加するだけなので、容易に改良することができると思います。

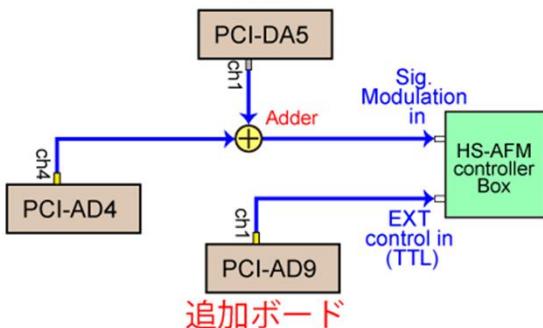
改善案 2



改善案2

もう一つの懸念点は、セットポイント信号のための、AD4のCh4端子はフォースマップのフィードバックの開始・停止のために使用しているため、フォースマップのソフトウェア制御ができなくなってしまうことです。このため、スイッチ回路を付けて、ユーザーに切り替えてもらう必要があります。

改善案 3



改善案3

あるいは、DAボードを一つ追加すれば、この操作も不要となります。
現状ではまだ実装できていないため、もし必要でしたら仰っていただけますでしょうか？
実装自体は簡単ですので、すぐにできると思います。

X Scan Feedforward1

1行目のデータヘッダーは、読み込み時にスキップされる。
ただし、データヘッダーに数値が含まれていると誤作動するため、文字列のみ含まれるようにする。

FRAで得られた周波数応答データを1～3列目のカラムに保存する。元データはそのまま使えないため、元データを4行目以降にコピーしておき、ゲイン逆数位相反転したものを1～3列に保存する。

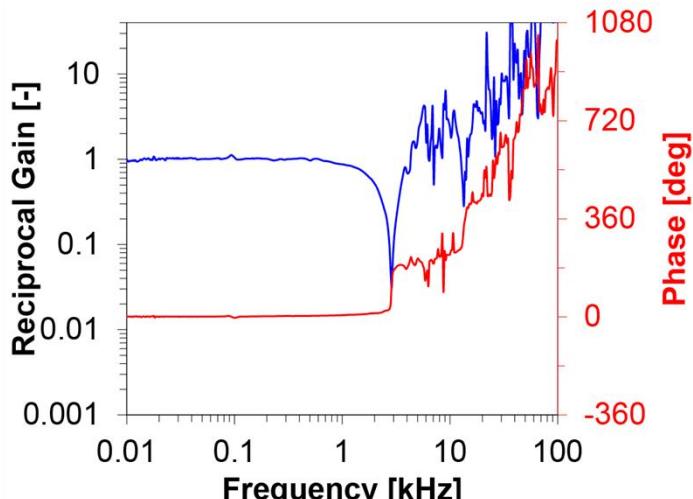
1stカラム：周波数(単位Hz、10～100,000Hz程度)

2ndカラム：ゲインの逆数(低周波において1になるように正規化したゲインの逆数。1次共振において極小点を示す。)

3rdカラム：位相遅れ(単位deg、高周波に行くにつれて、0°から正に増大していく。)

	A	B	C	D	E	F	G
1	Frequency	GAIN [-]	Phase [deg]	GAIN [dB]	Phase [deg]	Frequency [kHz]	
2	10	1	2.162048	-7.66008	177.838	0.01	
3	10.2329	1.054278	0.870193	-7.20098	179.1298	0.010233	
4	10.4713	1.067164	1.077667	-7.09546	178.9223	0.010471	
5	10.7152	1.038132	1.450851	-7.33503	178.5491	0.010715	
6	10.9648	1.04619	0.334167	-7.26787	179.6658	0.010965	
7	11.2202	1.047085	0.557877	-7.26044	179.4421	0.01122	
8	11.4815	1.025129	0.228317	-7.44451	179.7717	0.011482	
9	11.749	1.048017	2.102875	-7.25272	177.8971	0.011749	
10	12.0228	1.02381	1.235214	-7.45569	178.7648	0.012023	
11	12.3027	1.061627	2.638184	-7.14064	177.3618	0.012303	
12	12.5893	1.063889	0.548981	-7.12134	179.451	0.012589	
13	12.8825	1.053069	0.820068	-7.21094	179.1799	0.012883	
14	13.1826	1.030342	1.559601	-7.40045	178.4404	0.013183	
15	13.4896	1.005755	-0.50813	-7.61024	180.5081	0.01349	
16	13.8038	1.027651	-0.17462	-7.42317	180.1746	0.013804	
17	14.1254	1.002221	1.57811	-7.64081	178.4219	0.014125	
18	14.4544	0.977218	1.509628	-7.86025	178.4904	0.014454	
19	14.7911	0.981273	0.222946	-7.82428	179.7771	0.014791	
20	15.1356	1.004225	0.292511	-7.62346	179.7075	0.015136	
21	15.4882	0.994451	2.353302	-7.70841	177.6467	0.015488	
22	15.8489	0.972137	0.973724	-7.80553	179.0283	0.015849	
23	16.2181	0.997187	0.158892	-7.68446	179.8411	0.016218	
24	16.5959	1.020932	1.510025	-7.48014	178.49	0.016596	
25	16.9824	1.001347	1.557709	-7.64839	178.4423	0.016982	
26	17.378	1.021065	1.977631	-7.47901	178.0224	0.017378	
27	17.7828	0.932079	3.936951	-8.27103	176.063	0.017783	
28	18.187	0.963701	-2.58899	-7.98124	182.5899	0.018197	
29	18.6209	1.025855	1.195663	-7.43836	178.8043	0.018621	
30	19.0546	1.008468	1.068787	-7.58684	178.9312	0.019055	
31	19.4984	1.007291	1.366577	-7.59698	178.6334	0.019498	
32	19.9526	0.978542	-0.07738	-7.84849	180.0774	0.019953	
33	20.4174	1.004411	0.697952	-7.62446	179.302	0.020417	
34	20.893	0.981433	1.14888	-7.82286	178.8511	0.020893	
35	21.3796	0.984818	1.486572	-7.79296	178.5134	0.02138	
36	21.8776	0.981836	0.26062	-7.8193	179.7394	0.021878	
37	22.3872	1.008676	1.221039	-7.58504	178.779	0.022387	
38	22.9087	1.028453	0.995407	-7.41639	179.0046	0.022909	

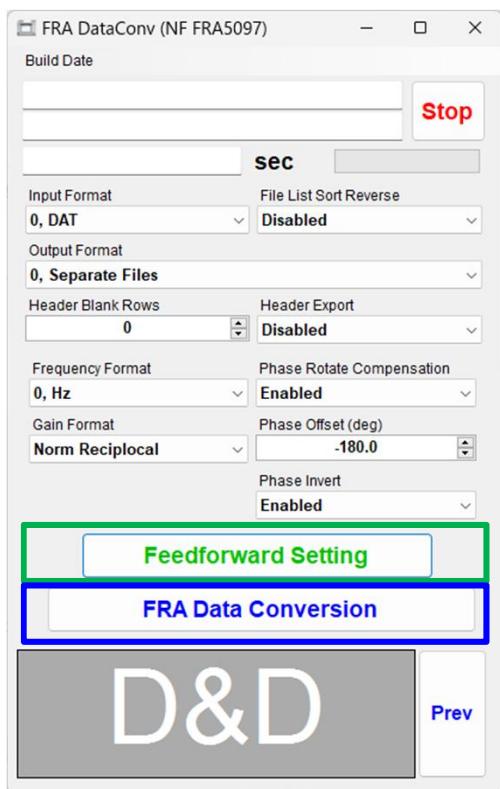
4列目以降のデータは読み込まれないため、ゲインの逆数や位相反転を行う前の元データを保存しておくと良い。



CSVフォーマットのスペクトルデータを、スキャナーナー名と同じファイル名にして、configフォルダーに格納する。
例えば、スキャナーナー名が「Kode-MS01」の場合には、以下に保存する。
C:\\$xxx\\$desktop\\$config\\$Kode-MS01.csv

スキャン開始時に自動的にデータが読み込まれる。
Igorとデータフォーマットは同じだが、Igorではデータヘッダーが含まれるとうまく読み込めないため、Igorで使用したい場合には、データヘッダーを削除して使用する。

X Scan Feedforward2



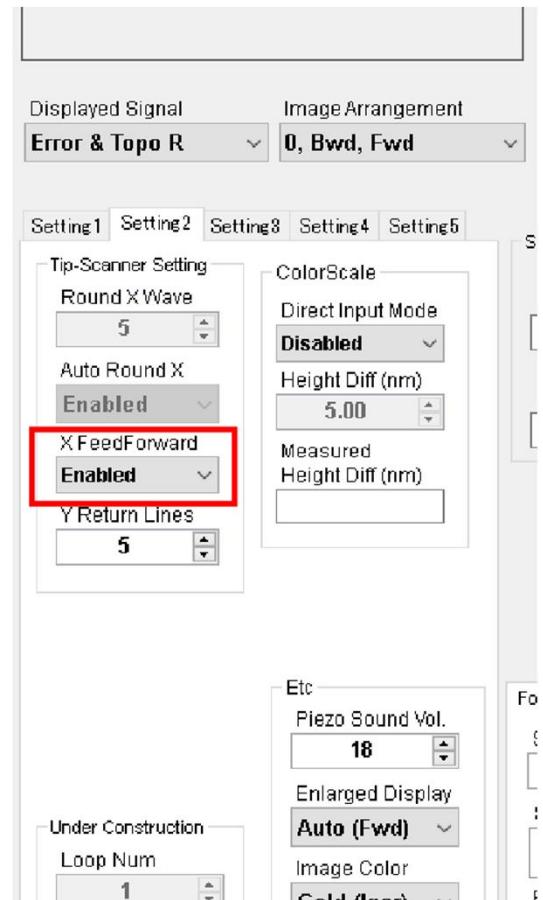
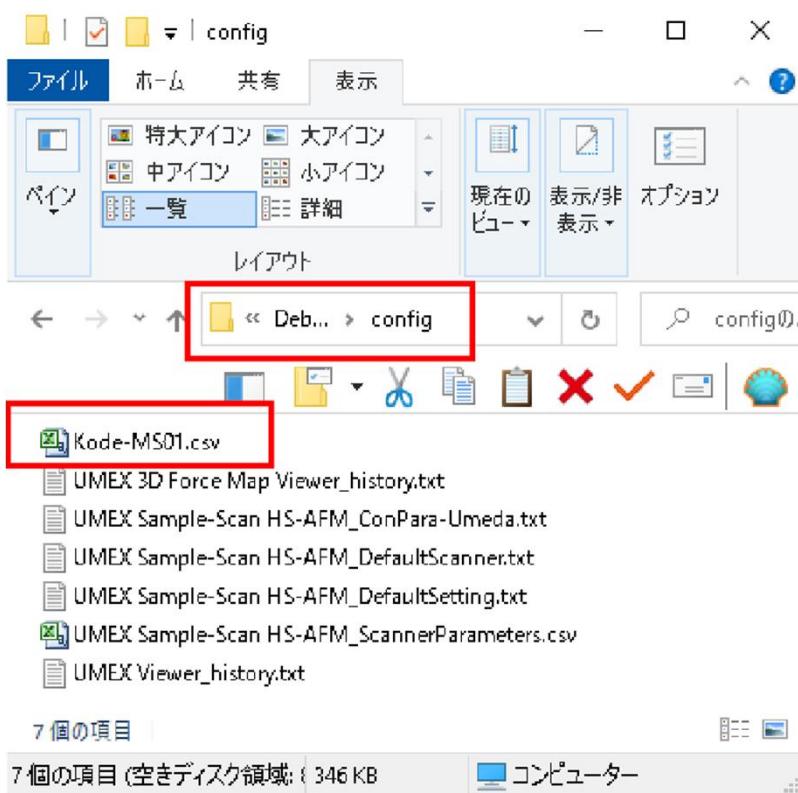
NF FRA5097を使って取得したスペクトルデータを使用する場合には、FRA DataConvプログラムを使って、バイナリデータからASCII CSVファイルに変換する必要がある。

①「Feedforward Setting」ボタンを押すと、Feedforward用の設定が復元される。

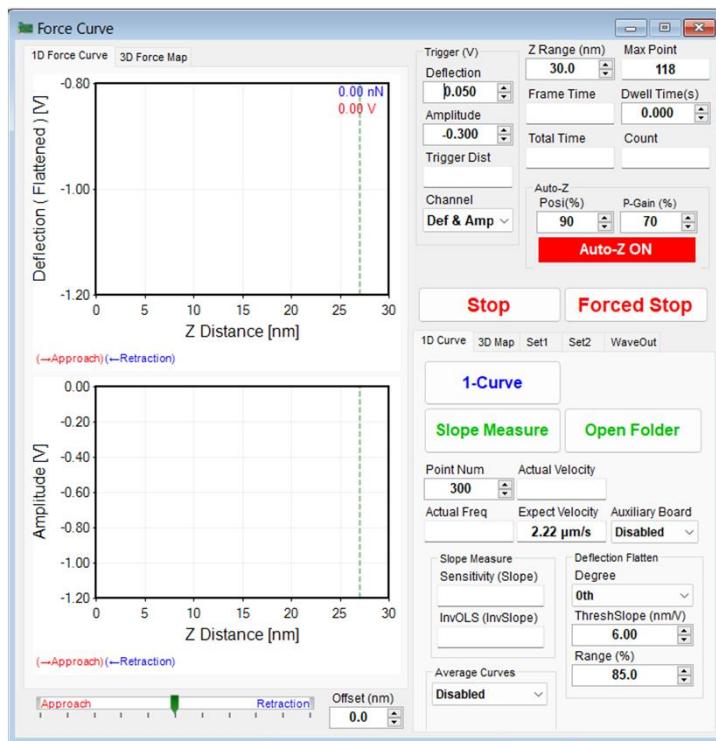
②その後、「FRA Data Conversion」ボタンを押して、CSVファイルの出力をを行う。

①

②



Force Curve & 3D Force Map



試料表面の粘弾性、力学測定を定量的に行いたい場合に用いる。詳細は、別のマニュアルファイル「UMEX 3D Force Mapping _Guide」「UMEX 3D Force Map Viewer _Guide」に記載されている。