

フォース検出光ピンセットシステム

NANOTracker™ 2



フェムトニュートンオーダーの検出感度を備えた
3次元ナノスケールフォース測定

高い安定性と低ノイズを両立した測定システム

同時蛍光イメージング可能

直感的な操作性と高い柔軟性を併せ持つユーザーインターフェース

クラス 1レーザー

単分子から細胞まで様々なサンプルに対応



Nanotechnology for Life Science

NANOTracker™2

定量フォース測定のための設計

光ピンセット: ナノスケールでのフォーストラッキング

光ピンセットは光学的に物体をマニピュレーションするための装置です。顕微鏡スケールでの操作ができ、測定対象となる微小物体は、細胞単体、細胞内区画、ナノ粒子、(生体)分子などです。

NanoTracker™2は研究向け倒立型光学顕微鏡をベースとした光ピンセットシステムであり、マニピュレーション、フォース計測、トラッキングを高精度で実施できるよう設計されています。熟練ユーザーが要求する柔軟性を備えており、ソフトウェアとエレクトロニクスに関する仕様も公開されています。セットアップ済みシステムですので、これまでの光ピンセットシステムよりも結果取得までの時間を大幅に短縮できます。準備よりも実験に、より多くの時間を割くことができるのです。

走査型プローブ顕微鏡 (SPM) の世界的リーディング企業として、世界中で認知されている我々 JPK には、高精度の科学装置の開発及び製造で培われた非常に多くの経験があります。高性能原子間力顕微鏡 (AFM) の製造で積み上げた知識を結集して開発した NanoTracker™2 光ピンセットシステムは、驚異的な安定性、極めて低いドリフト性および低ノイズレベルを誇り、最小で pN 以下のフォース測定を行うことが可能です。

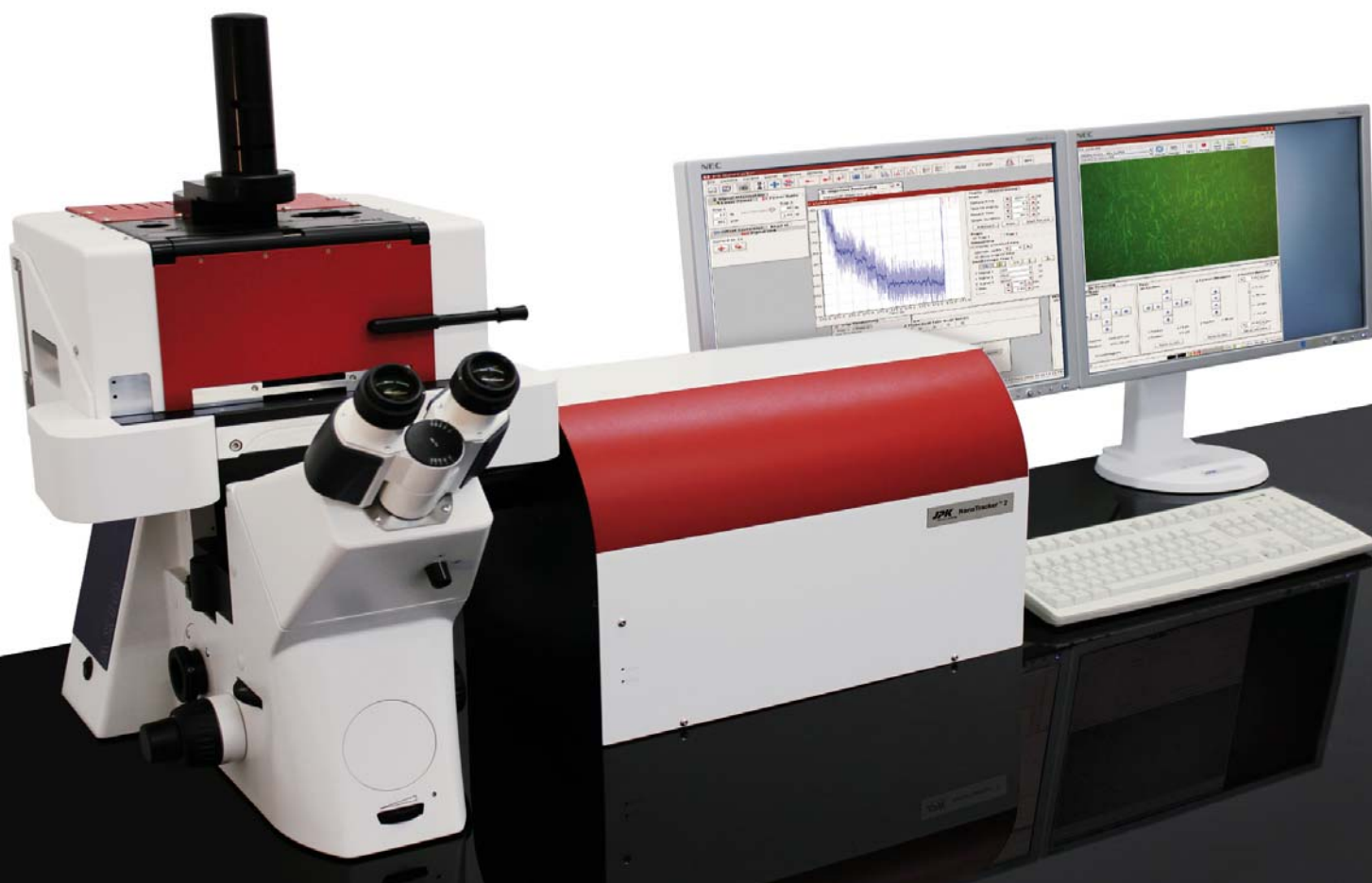
新たなヘッドデザインは、通常の顕微鏡および最先端の顕微鏡への搭載を容易にし、光ピンセットをこれらと同時に利用できるようにしました。従来の製品からの改良にあたり、多分野に渡るユーザー様の声を取り入れました。JPK の開発チームは、全てのユーザーの皆様との密接な協力と、継続的な知識交換を通して、NanoTracker™2 光ピンセットシステムに代表される新製品開発に繋げています。JPK は、ユーザーの皆様様に優れた品質および本物の “Made in Germany” 製品を提供することを保証します。

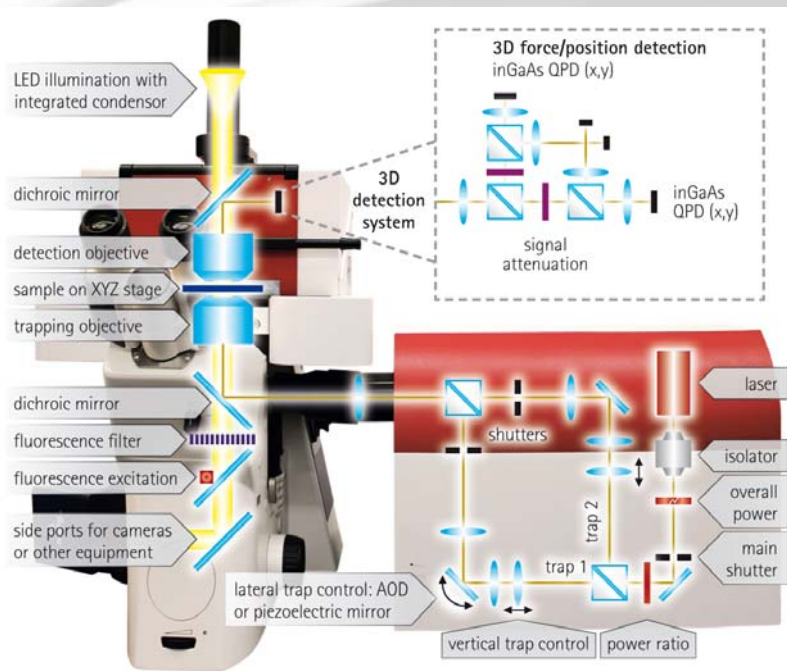
光学トラッピングは nm スケールでのマニピュレーション、フォース測定、3次元トラッキングを実施できる技術です。

NanoTracker™2 の設計において、特にトラッピング用ビームのクオリティと安定性には特に細心の注意を払っています。トラッピング、検出用の対物レンズマウント等の、全ての光学系構成部品の機械的安定性についても同様です。一新されたヘッド部、および改良したステアリングユニットと新ハードウェアオプションにより、さらに優れた空間分解能、時間分解能およびフォース分解能を達成しました。ピエゾ駆動サンプルスキャナなどの水分にデリケートな素子は緩衝液や培養液から保護される設計になっています。

モジュール方式を採用した柔軟な設計により、多様なアプリケーションへの応用が可能となっています。NanoTracker™2 はカールツァイス社、ニコン社およびオリンパス社の倒立型顕微鏡をベースとしています。NanoTracker™2 の新たなヘッドは、これら顕微鏡上において光学ポートのいずれも阻害することがありません。そのため、標準クラスから高性能クラスに至る全ての顕微鏡において、カメラ、シャッター、フィルター、検出器や照明オプションを組み合わせて使用することが可能です。

NanoTracker™2 はクラス1レーザー製品として設計されています。そのため、装置の使用にあたり安全ゴーグルや特別なトレーニングを必要としません。またその設置に特別な対応をしたレーザーラボ施設も必要ありません。生物学から化学、物理など幅広い領域の研究者が共通機器として使用する環境に最適な光ピンセットと言えます。





1つのレーザー光源から偏光分離により2つの光トラップを生成していますので、同時に2トラップを制御できます。このため、ドリフトに対し非常に安定です。

NanoTracker™2の新しい後焦点面干渉方式検出モジュールは、光トラップ1つに対し1つの検出ユニットを装備しています。光トラップ検出器は独立した2つのダイオードシステムで構成されており、1つは捕捉されたビーズの水平変位(XY)、もう1つはその光軸方向変位(Z)を検出します。ソフトウェア制御の調光フィルターなどを併用することにより、検出器の全てのダイナミックレンジを使用することが可能になります。そのため、どのビーズタイプ、レーザー強度、及びレーザー分割比を選択した場合でも、最高の感度を得ることができます。

精密なフォース測定において重要なのは、正確なトラップキャリブレーションと、低い位置決めノイズ、そしてトラップ剛性が観察域広範囲で一定であることです。新開発の正確かつ自由度の高いトラップキャリブレーションソフトウェアを用いれば、ボタン一つでビーズサイズや水溶液の粘度に影響されることなく、較正を実行することが可能です。トラップ信号同士のクロストークも劇的に低減されています。

NanoTracker™2のシステム構成

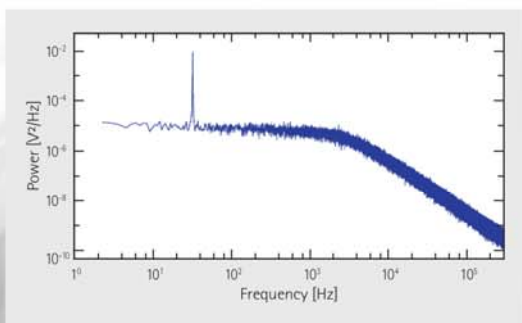
新たなシステムは最小レベルのフォース検出および、最高精度での粒子/分子マニピュレーションを行えるよう設計されています。また、特別仕様の安定化レーザーと新設計のヘッド部内蔵検出エレクトロニクスにより、ノイズレベルを劇的に低減しました。さらに、光路折り曲げ式のコンパクトなレーザービーム光源の採用により、ドリフトの影響を受けにくいシステムとしました。

ダブルビームまたはマルチビーム構成や、サンプルポジショニングの粗動、高精細制御機構により、柔軟な運用をご提供。ビームステアリングオプションとして、新開発のピエゾミラー (pivot-point piezo-driven mirror) や高速音響光学偏向器 (AOD) など取り揃えており、ご用途に合わせた選択が可能です。サンプル位置を制御するオプションも充実しており、例えば特別仕様のピエゾ式サンプルステージ (クローズドループ) を装備することで極めて精密な位置設定が可能になります。加えて、光トラップは個々に操作することができ、サンプルの中を3次元的に位置制御することが可能です。さらに、レーザー出力を光トラップ毎に個別制御することも可能となっています。このような装置の自由度は、様々な実験アッセイや実験形式を可能としています。

高速、低ノイズのエレクトロニクス

NanoTracker™2 を制御するエレクトロニクスユニットは、最高帯域においても最低ノイズレベルでの処理が可能になるよう最適化されています。データ収集は最大60MHz (16bit) で行うことができます。コントローラの前面に設けられたシグナルアクセスモジュール (SAM) は、外部のアナログまたはデジタル信号を入力するのに使いやすいインターフェースです。さらに、全ての内部信号を SAM でモニターできます。同様に、独立したカメラ (例えば、EM-CCD のカメラ)、スペクトロメータ、ディテクタ (例えば、PMT や APD) などの外部装置を接続したり、TTLパルスを用いてトリガをかけることも可能です。全ての電気信号 (トラップ信号、サンプルトラップ位置、補助チャンネル) が記録可能であり、高速処理でディスクに送信されます。トラップ信号のダイナミックレンジは最適感度になるよう自動制御されています。

シグナルアクセスモジュールを搭載した NanoTracker™2 コントローラ



直径1.53μmのポリスチレンビーズをレーザートラップした時のパワースペクトラム。2.83kHzでコーナーが現れる。サンプルはピエゾステージを使って振幅150nm、周波数32Hzで振動させた。

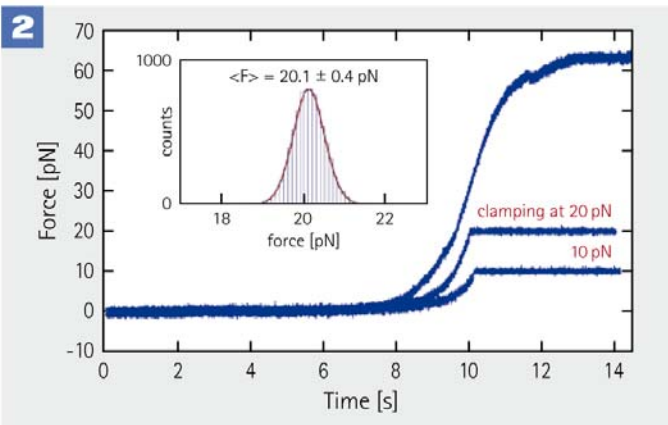
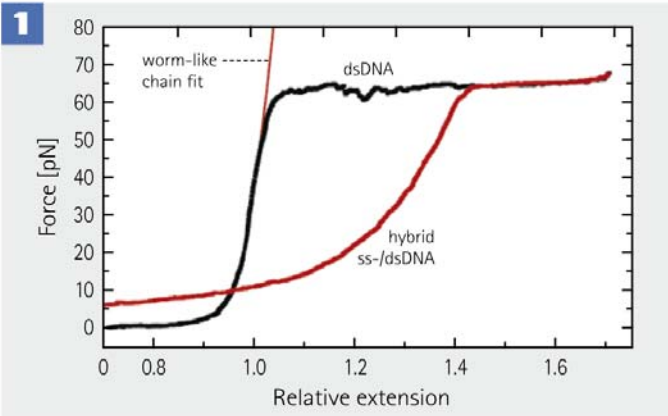
これらのパワースペクトラムのデータは NanoTracker™2 のサーマルキャリブレーションで使用される。トラップスチフネスに含まれている、ビーズサイズやサンプル粘度起因のエラーを除外することができる。

光ピンセットを使用した単一分子力学測定

最高の空間・時間・力学分解能

現在、単一分子の力学測定やマニピュレーション実験のニーズが非常に高まっています。最高精度のデータを取得するため、装置構成は最小のノイズレベルと高い安定性を達成する必要があります。この機能をめざし継続的な努力をした結果がNanoTracker™2です。すべてのコンポーネントの最適化により、nm以下、μsec、fNの分解能を達成しています。

ソフトウェアには組み込みモードが複数あり、標準的な実験を再現性良く実行できます。これにはForceSpectroscopyパッケージも含まれており、組み込まれた新しいJPK RampDesigner™により標準的な引っ張り実験、または加圧やフォースクランプなどのより高度な実験に対応しています。CalibrationManagerも組み込まれており、力変位検出システムの較正をオンラインで実行していただけます。較正はトラップ中の熱雑音の受動測定をもとに実行しますので、サンプルに影響はありません。

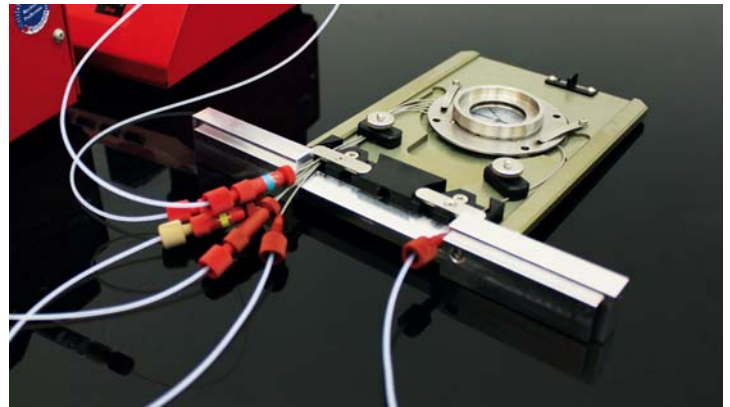


1 NanoTracker™によるDNAの弾性計測。DNAを大きく引き延ばすと、独特な弾性的挙動を示すいくつかのフェーズを観察できる。赤線はワームライク鎖高分子モデルの近似線です。二本鎖DNAが引き延ばし過ぎになる過程で典型的にみられる推移がよく分かる。黒線は、通常のB型DNA分子のストレッチの様子を示し、赤線は二本鎖および単鎖両方のDNA領域から構成される混合分子を示している。

2 NanoTracker™のフォースクランプモードによるDS-DNAのストレッチ。ビーズを2個使用。DS-DNAを10、20pNの力でストレッチした時、およびフルオーバーストレッチをプロットした。(実験は別々に実施) それぞれのカーブは、0.5秒分オフセットしてプロットしている。図中のグラフは20pNにおける検出されたフォースの分散をプロットしたものの。(サンプルご提供: Yan Jie研究室, National University of Singapore)

マルチチャンネル LaminarFlowCell [LFC™]

多くの生物物理学および生化学アプリケーションにおいて、試薬を加えるタイミングを制御することは極めて重要です。JPKではNanoTracker™2に搭載できるマイクロ流路セルを準備しています。フローを利用することは、例えば、タンパク質やDNAといった高分子を個別に引き延ばすなど、粘性抵抗を利用してフォースを加える際に非常に役立ちます。NanoTracker™に設計されたフローセルには、最大5つの独立したラミナーフロー(層流)チャンネルがありません。これらのチャンネルは柔軟に設計でき、PDMSやParafilm®といったスペーサを用いて、ユーザは個別にフローセルのチャンネルパターンを設定できます。



■主な特徴

- ・マルチチャンネルかつ柔軟な設計仕様で、最大5つの注入口と1つの流出口を設置できます
- ・層流仕様(非混合)で、チャンネル間での液混合の心配がありません
- ・チャンネルの高さを変更可
- ・ソフトウェア制御されたシリンジポンプによる送液・液交換の自動化

■アプリケーション

- ・流体を利用した一分子伸張
- ・粘性抵抗測定
- ・サブ秒でのバッファ交換による生化学的なトリガリング
- ・マイクロ流体工学と一分子イメージングを組み合わせた先端研究

写真: LFC™に接続したソフトウェア制御シリンジポンプ(市販)を2本セッティングしたNanoTracker™2



一分子蛍光イメージングと同時使用

光学との融合

NanoTracker™2 は、カールツァイス社、ニコン社、またはオリンパス社の研究用の倒立型光学顕微鏡にシームレスに一体化できるよう設計してあります。

高開口数対物レンズのマウント部分は、システム全体の安定性を最適化するために、標準の顕微鏡に変更を加えています。

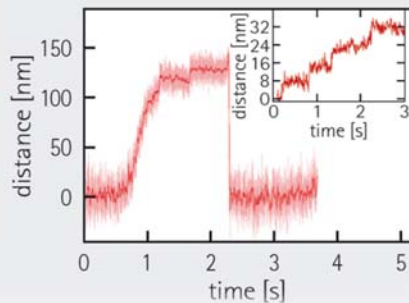
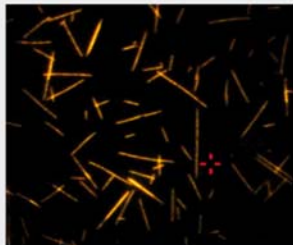
NanoTracker™2のレーザーと光学顕微鏡との光学カップリングは、JPKが設計した追加ポートで行います。

トラップ光をカップリングするために使用する光学フィルターは、他の光学顕微鏡アプリケーションも想定し、可視光帯域(400-900nm)は全て取り込むことができるよう選択されています。

ここで重要なことは、標準的な顕微鏡フィルターホイールはそのままにしてあり、光学トラップと同時かつ独立に蛍光イメージングを可能にしている点です。

これにより、複数の光学顕微鏡技術を組み合わせる必要があるアプリケーションにも広く対応できます。

JPK社のデータ収集ソフトは標準的なカメラだけでなく、最先端の単一分子蛍光イメージングアプリケーションまでカバーする、Jenoptik社やAndorTechnology社など様々なメーカーのカメラにも対応しています。



シングルビーズアッセイにおける、キネシン-1モータータンパク質の運動性の測定

[左]: 微小管の蛍光画像

[右]: 微小粒子が、その表面に結合しているモータータンパク質によって、微小管に沿って這いながら、トラップから次第に離れる様子。

キネシン-1モータータンパク質に特有の 8nmのステップが観察でき、微小管上のタンパク質のサブユニットの間隔をはっきり読みとることができる。

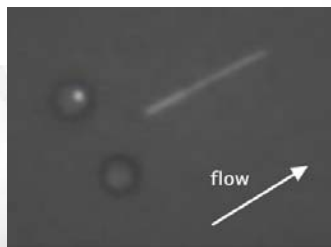
(サンプルのご提供: ドレスデン工科大学、Erik Schäffer 研究室)

フォーススペクトロスコープと同時に蛍光イメージングを行うことも可能。

右図は、Rad51タンパク質 (Alexa-555標識) でコートしたDNAの蛍光像

光ピンセットで固定された2つの微粒子に引っ掛けられたノンコートDNA分子を、蛍光標識タンパク質の流れの中から「捕捉」する

(サンプルのご提供: マルセイユ、CNRS、M. Modesti研究室)



NanoTracker™2 のソフトウェア

NanoTracker™2 とユーザとの主なインターフェースはソフトウェアです。結果をより速く得るには使い勝手の良さがポイントになります。機能的かつ視覚的なユーザインターフェースにより、レーザーやステアリングユニットを始め、外部接続のシリジンプンプ、温度コントローラー、カメラに至るまで、システムのあらゆるモータ制御ユニットを素早く直感的に制御できます。NTソフトウェアの「静止画」機能は、繊細な蛍光サンプルに対しても長時間の実験を可能にします。蛍光イメージを取得し、励振光をシャットダウンした後に静止画を使用して、トラップの位置決めを正確に行うことができるため、フォトブリーチングを避けて実験を継続することができます。光学ライブイメージもシームレスに読み込み可能。

JPK社の Point and Trap™機能をお使いいただくと、イメージ内でクリックやドラッグをすることにより、トラップ位置を直感的に制御できます。ひとつのレーザーをタイムシェアリングすることで、多数のトラップを発生させる多重トラップも可能です。多くのパラメーターを使用する複雑な実験を設計する際には、JPK Experiment Planner™モジュールが使用できます。そして、更に高度な実験に向け、スクリプトから全てのソフトウェア機能にアクセスできるコマンドラインツールとスクリプティングセンターとの両方を備えています。

データ解析には、専用の JPK DataProcessingソフトウェアパッケージが付属します。このパッケージには、異なるデータチャンネルのオーバーレイ機能、フィルタルーチン、単一分子フォーススペクトロスコーププロセスの様々なモデル(ワームライク鎖、自由連鎖鎖を含む)、ならびに、KerssemakersらのNature 442 (2006) 709-712に基づく最先端のステップフィッティングルーチンが含まれています。

Magnetic Twister™ オプション

Magnetic Twister™アドオンは、マニピュレーション実験のための、さらなる自由度をNanoTracker™2に付加することができます。このツールにより、ユーザは光を使って力を作用させるだけでなく、磁気に応答する物体に対しトルクを与えることができます。

Magnetic Twister™は特殊な磁石を装備し、1ミリメートルの距離で0.7テスラの均一な磁場を発生させます。この磁場により、試料に対し数ピコニュートンの力を作用させます。ソフトウェアによってアクセスできますので使いやすく、かつ正確なマニピュレーションを可能にするツールです。

システムの電源を切らずに、検出用対物レンズとMagnetic Twister™を変更できます。

システムから取り外した状態のMagnetic Twister™オプション

ソフトウェア上から電動ステッピングモータ制御で磁石を360°回転(精度 4°)することが可能



生細胞アプリケーション

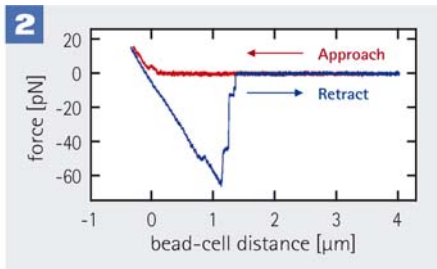
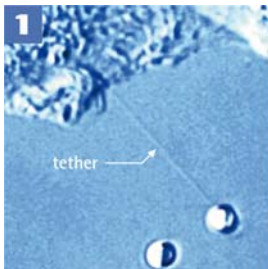
‘逃げる力’の測定、細胞内部の物体の粘性実験とマニピュレーション

NanoTracker™2のハードウェアコンポーネント、アクセサリ、高度な検出アプローチそして、自由度が高くかつユーザーフレンドリーなソフトウェアの組み合わせにより、高度な生細胞実験を行えます。

ユーザは、信頼性の高い定量データを取得することが出来ます。主な適用事例は、バクテリア-細胞間、ウイルス-細胞間に作用する力の定量検出や、細胞膜におけるタンパク質-リガンド結合イベントの検出、メンブレンテザーやレオロジーを介した細胞の粘性の研究です。

フォース測定アプリケーションだけでなくとどまらず、NanoTracker™2は、直接細胞をマニピュレーションすることで、ソートや、変形、再配置、ストレッチ実験にも使用することができます。精子やバクテリアなどの細胞の移動や逃避の力と軌跡を測定したり、生細胞の内部粒子または細胞小器官を操作することも可能です。

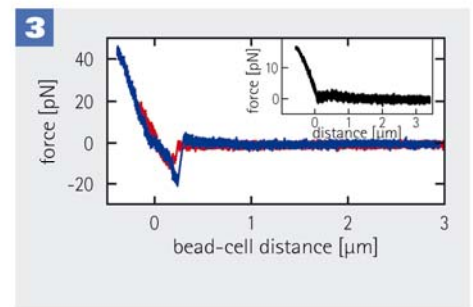
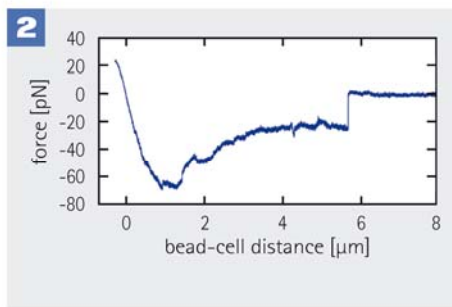
また、マニピュレーションやフォース実験など全ての実験は、蛍光イメージングまたは分光測定と同時進行できることはNanoTracker™シリーズの特長となっています。



1 CHO細胞のDICイメージ。タンパク質をコーティングした微小球に引っ張られているメンブレンチューブが観察できる。

2 図1に対応するフォースカーブ。アプローチおよびリトラクトカーブが示されている。リトラクトカーブにおいて、結合切断が数段階にわたって起きていることがわかる。
(細胞のご提供: ベルリン、フンボルト大学、A. Herrmann 研究室)

1 MDCK細胞の明視野像。光学トラップされたカルボキシル基修飾ポリスチレン微粒子(2 μm)を接近/後退させている。このような構成は、典型的な力-距離曲線取得法であり、細胞と粒子表面に固定化された標的分子との相互作用、細胞膜の粘弾特性、リガンド・受容体相互作用、ウイルス・細胞相互作用などの評価に用いられている。2 図1に対応する力-距離曲線。後退過程曲線では、まず(1)弾性的な細胞膜伸展、次に(2)数段におよぶ非特異的結合の切断が見られ、最終的に6 μm離れた位置でビーズと細胞表面が完全に分離している。3 光ピンセットを用いた細胞・ウイルス間相互作用測定。インフルエンザウイルスで被覆した粒子を細胞に接触するまで接近させ、次いで後退させる。大きさの異なる単一の破断が測定される。BSAでブロックされた粒子を用いた場合、相互作用は検出されない(挿入図)。(C. Sieben et al., PNAS 2012, vol. 109 pp. 13626-31. より転載)



ドリフト最小化による長時間測定の実現

長時間測定の要望は、とくに生細胞実験やTIRFや共焦点顕微鏡法など先端顕微鏡法との組み合わせにおいて高まっています。そのため、サンプル表面ドリフトの最小化とトラップ安定化は極めて重要な要素になってきています。NanoTracker™2は、最先端の内蔵型LED照明ユニットをケララ照明に組み込むことで、透過明視野および透過微分干渉による細胞観察を実現しています。倒立型顕微鏡の標準的な側面および背面ポートを利用することにより、種々の測定技術との複合化が可能であり、また紫外可視分光やラマン分光といった異なる分析機器、カメラや一光子計数器を同時に利用することができます。

生細胞用 JPK社製 PetriDishHeater™

生細胞を含む実験は、環境に大きく左右されます。NanoTracker™2では様々なアクセサリや、クローズドヘッド設計により、この要件を十分に満たすことができます。細胞培養において、ユーザーは通常の底面ガラスシャーレを使用できます。サンプルの培地の温度は特別に設計されたPetriDishHeater™により、ソフトウェアで制御。バッファの交換や炭酸ガス雰囲気維持にも期待できます。上面が開いているディッシュの場合は、水浸対物レンズをビーズ位置検出に使用します。



- 主な特徴
- ・ 生細胞イメージング用設計
- ・ 35mmシャーレに対応
- ・ BD社、コーニング社および、ウィルコ社など標準的なメーカーのシャーレに対応
- ・ 0.1°Cの精度で室温から60°Cまでの加熱可能
- ・ 標準のシリンジポンプとCO₂を用いた還流制御
- ・ ドリフトを抑えた設計

分子から細胞まで、多彩なアプリケーション

レオロジーアプリケーション

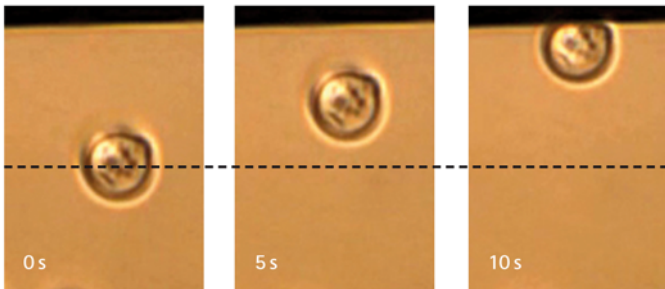
NanoTracker™2 の高性能エレクトロニクスと多彩なハードウェアオプションは細胞やゲルのレオロジーに関わる測定を可能にします。AODステアリングオプションは、標準的なサーマルノイズ法が適用できない高粘度環境においても先進的なトラップキャリブレーションをもたらします。NanoTracker™2の広帯域エレクトロニクスにより、様々な材料のレオロジー特性測定を行えるのです。また、粒子運動スペクトルは最大3.5MHzで取得可能です。高い粘性液体中のトラップ能力があるため、細胞中のビーズを使ったトラップキャリブレーションも可能にします。

3D・アクティブトラッキング

パッシブ3Dとアクティブトラッキング（別称：フォースクランプまたはポジションクランプ）は、モータータンパクの反応や発生力、細胞における膜輸送、結合、DNAポリメラーゼ相互作用などの研究に用いられる代表的な手法です。NanoTracker™2のフォースクランプは、フィードバック光トラップを利用した追跡および記録により、分子1個の運動や生細胞変形をナノメートルの精密さ、つまり最小限度に制御された力で計測することを可能にしています。



Nikon Eclipse Ti 共焦点顕微鏡に搭載したNanoTracker™2

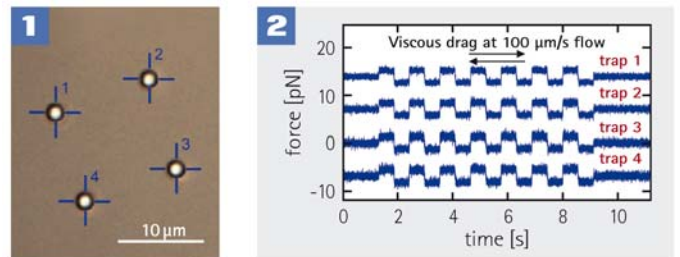


光ピンセットで捕捉した酵母をガラス表面に接近させている時系列光学像。NanoTracker™2の光ピンセットを生体埋入材料や生物付着に代表される研究に応用する際のモデル実験例

NanoTracker™2 と複合化した Nikon C1/TE2000 共焦点顕微鏡を用いて撮影した Xylem 細胞のマルチカラー像

AODによるマルチプレックス制御

バクテリア染色体の凝縮や双頭構造モータータンパクの追跡といった研究においては、独立に制御可能な光トラップを4個以上有する光ピンセットが必要とされます。NanoTracker™2 は高速AODおよび時間分岐型レーザーを採用していますので、こうした先端研究への要望にも応えることができます。このような光トラップの多重化により、多分子複合体を繊細に制御することが可能です。さらに、多重化した光トラップを較正し、またその剛性を制御することは、高分解で定量的に力測定するのと同様に非常に重要です。

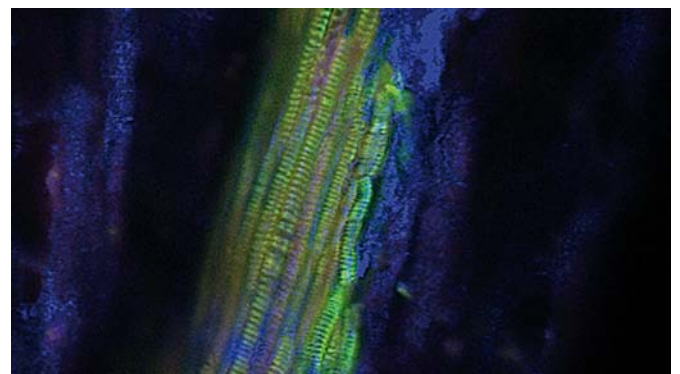


- 1 明視野像に映る4個のポリスチレン微粒子 ($2\mu\text{m}$) は、AOD搭載 NanoTracker™2により捕捉されている。時間分岐型レーザー照射(多重化)により、剛性や位置を完全に制御した複数の光トラップを生成することができ、AODを用いた多重化は、3つ以上の光トラップを必要とする実験では唯一の手段であることが多い
- 2 粘性抵抗実験において、4個ある光トラップ(図1)各々で取得された力学測定結果。100 $\mu\text{m}/\text{sec}$ の一定速度でビーズを励振させた。NanoTracker™2の多重分離機能は、最大8個の多重化光トラップを用いた同時力学測定が可能

共焦点顕微鏡やTIRFとの組み合わせ

光ピンセットを共焦点顕微鏡と複合化できることは、組織、細胞および細胞内区画(オルガネラなど)を対象とした研究にとって極めて重要です。共焦点顕微鏡は多くの場合、細胞内の関心領域を観察する唯一の顕微鏡法です。蛍光情報をガイドにしなが、光ピンセットの正確な測定箇所との相対位置合わせを行い、さらに高精度力学測定、マニピュレーションを実施します。

NanoTracker™2の統合設計による安定性は、このような複合化において重要です。倒立顕微鏡のあらゆるポートは、そのまま共焦点顕微鏡に使うことができます。NanoTracker™2の部材は共焦点顕微鏡のレーザー光路を阻害することはありません。



NanoTracker™2 システム仕様

システム概要

- 単一分子から細胞全体を対象としたナノ粒子のトラッピング・トラッキングを行う革新的なプラットフォーム
- 組み合わせ可能な倒立顕微鏡
 - ▶カルツァイス社製 Axiovert 200 & Axio Observer
 - ▶ニコン社製 TE 2000 & Eclipse Ti
 - ▶オリンパス社製 IX70/71/73
- DIC、蛍光など主要光学顕微鏡技術と同時使用可能
- 蛍光イメージングに影響を与えないスペクトル領域 400-900nm
- トラッピングのための光学部品は波長 1064nm向けに最適化
- 高い再現性を達成した自動キャリブレーション
- 主要な部品はモーター駆動、コンピュータ制御
- 安全ゴーグル不要(クラス 1レーザー使用)
- 手動アライメント作業も不要
- 共焦点ユニット、CCDカメラ、ディテクタなど、標準的に使われている外部モジュールも装備可能

NanoTracker™2ヘッド

- クローズドヘッド: 迷光や空気伝播音響ノイズを回避
- 高い安定性: 堅牢かつ、ドリフトを最小化した設計
- クローズドループ制御ピエゾステージ(オプション): 移動範囲100x100x100µm
- 正確なトラップキャリブレーション、素早い垂直走査実験に柔軟性を与える広範囲測定
- ステージ: モーター駆動、ソフトウェア制御 駆動範囲20x20mm
- レンズ: 水浸/油浸レンズ使用。高出力、低球面収差により高精度トラッピングを実現
- 光検出: 最大時帯域幅 3.5MHz(サンプリング 16bit) 高感度 InGaAs光検出器4基
- Z感度を最大化するXY および Z独立検出
- ソフトウェアによる正確な焦点調整

NanoTracker™2サンプルホルダオプション

- 標準的なスライド、カバーガラス、シャーレ使用可能
- 多チャンネル LaminarFlowCell(LFC、層流セル)
 - カバーガラスを使用した液体セル
 - 単一分子サンプル用の温度制御と還流機能
- ウィルコ社製、BD社製、コーニング社製ガラスボトム 35mmシャーレ用温度制御ユニット (室温~60°C還流、および気体(CO₂)フローつき)

NanoTracker™2レーザーユニット

- 安定特注レーザー(1064nm)
- 強度安定度 0.5%以下
- レーザー出力3W (出力の変更については 営業担当にご相談下さい)
- クラス 1レーザー

NanoTracker™2ステアリングユニット

- 視野全域を使った3次元・高速・連続ビーム・ステアリング
- 光強度分布調節可能なビーム2光路 (ビーム1または2)
- ビーム1: ピエゾミラー方式XY方向ステアリング または、高速線形駆動方式のZ方向ステアリング
- ステアリング・ユニットの応答時間 500µ秒

NanoTracker™2コントローラ

- 最小ノイズレベルの最先端高速コントローラ
- XYおよびZの検出: 16bitで 60MHz
- 20以上の入出力チャンネルを備えるシグナルアクセスモジュール(SAM)
- 外部装置接続用 TTLアクセス、パワーサプライ
- 最大帯域幅およびパフォーマンスを確保する高速イーサネットリンクおよび、インテリジェントクラウドコンセプト

NanoTracker™2ソフトウェア

- 直感的な装置制御が可能なJava™ベースのユーザーインターフェース
- Point and Trap™ビームステアリング
- フォース対変位の自動キャリブレーション
- DirectOverlay™機能によるトラップとサンプル位置の正確な位置合わせ
- 高精度EM-CCDカメラコントロール
- 高度なオシロスコープ機能と位置や断面などのオンライン測定
- 高度なフォースランプ、フォースクランプ
- RampDesigner™による強力なフォーススペクトロスコピー
- ExperimentPlanner™を使用した高度実験のルーチン設計
- WLC、FJCなどの近似モデルを備えた高度かつ高速なバッチ処理のフォースカーブ分析
- ソフトウェアによる環境制御
- ユーザーがプログラム可能なソフトウェア
- ユーザーが定義可能なショートカットボタン

柔軟性を高めるオプションモジュール

- シングルビーム/デュアルビーム
- 検出ユニット シングル/デュアルビーム選択可能
- AODオプション 高速ビームステアリング、マルチトラップ用
- クローズドループピエゾステージ: 3軸、1軸(Zのみ)
- 高精度トラップコントロール: トラップと顕微鏡のフォーカスを独立制御
- レーザーの出力変更
- 対物レンズ選択: 倍率、液浸、TIRF
- Magnetic Twister™アードオン

測定モード

- 3D パーティクルトラッキング
- Point and Trap™
- パワースペクトルを使用したオンラインキャリブレーション
- アドバンスドフォーススペクトロスコピー: RampDesigner™(Force Clamp、 Force Ramp)
- パッシブフォースマッピング
- マイクロレオロジーモード
- 光学ソーティング
- トラップオシレーション
- マルチプレックスによる3Dトラップアレイ
- ライントラップ、サークルトラップ
- マイクロ流路制御
- ナノアッセンブリー
- Zスタッキング

アプリケーション

単一生体分子および生体高分子

- 分子内の弾性およびタンパク質折り畳みに関する動力学
- モータータンパク質のトラッキング
- DNA/RNA 力学
- タンパク質・DNA相互作用
- ナノ細孔および 3次元高分子ネットワークプロービング

細胞生物学アプリケーション

- 膜構造(例えば、脂質ラフト)
- 膜貫通プロセス、膜輸送
- 細胞間力
- レセプターリガント間の実験
- 細胞力学および細胞運動性
- 膜けい留動力学
- 細胞およびゲルのマイクロレオロジー

細胞・粒子間の相互作用および影響の研究

- 病原体-宿主細胞の相互作用のトラッキング
- バクテリアおよびウイルス吸着
- 遺伝子や薬物の局所的デリバリー
- 進入メカニズムの研究
- ナノ毒物およびエンドサイトーシスの研究

高度な測定

- 複雑な光学トラップ
- 光ガイドや人工結晶構築
- 局所増強およびラマン/SERS (表面増強ラマン散乱)アプリケーション
- ブラウン運動トラッキング、光子力顕微鏡(PFM)
- コロイド、ポリマーの網目状フォースプロービング
- ビデオ粒子トラッキングと光学スペクトロスコピー

組み合わせ可能な先進の光学測定モード

- 透過明視野(標準)
- 透過DICモード(標準)
- エビ蛍光顕微鏡(標準)
- ラマンスペクトロスコピー
- TIRF
- 共焦点顕微鏡
- FRET 顕微鏡モード他

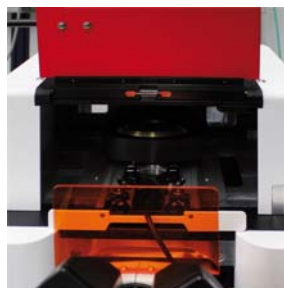
Follow us on Facebook, Youtube and LinkedIn.

詳細の情報やeNewsletterの登録については JPKウェブサイトをご覧ください。またFacebookやYouTubeにも当社情報がごさいます。是非ご覧ください。

All information and specifications are subject to change without notice. All rights reserved. © 2015, JPK Instruments AG

装置仕様や外観は装置改良のため予期なく変更されることがあります。

NanoTracker™2のチャンバーを開放した様子
PetriDishHeater™マウント済み



ブルカー・ジャパン株式会社ナノ表面計測事業部
東京事務所
東京都中央区新川1-4-1
Tel.: 03-3523-6361
Fax: 03-3523-6364
E-mail: info-nano.bns.jp@bruker.com