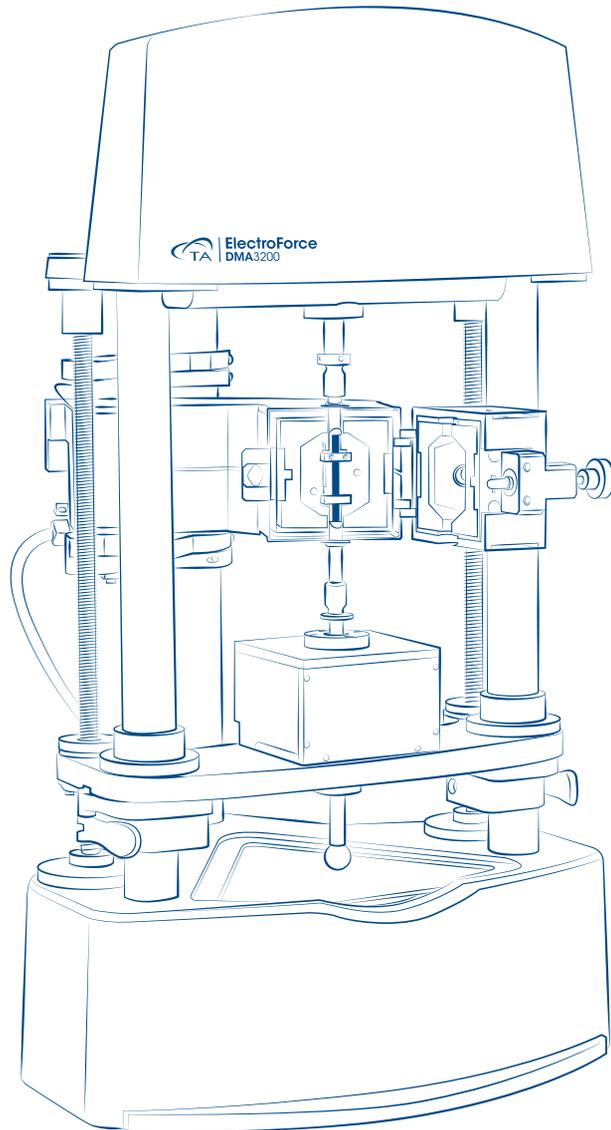


高荷重 DMA / 疲労試験
ELECTROFORCE[®] DMA 3200



材料は、日常的に使用される幅広い環境において、様々な機械的荷重および変形（応力と歪）を受けます。このため、航空宇宙、医療機器、アスファルト、自動車、エレクトロニクス、生体材料、エラストマー、複合材料、食品などほとんどすべての産業におけるほとんどのアプリケーションで、機械的特性は通常、材料の物理的および化学的特性の中で最も重要であると考えられています。

高品質かつ高性能の製品に対する需要の高まりから、このような材料の複雑な粘弾性の機械的特性を理解し、信頼性、加工性および最終用途の性能を決定および保証することが非常に重要となります。固体および軟質材料のこの複雑な機械的挙動を理解するために科学者および研究者にとって重要となる2つの装置が、動的機械分析装置(DMA)と疲労試験システムです。DMAは、バリューチェーン全体にわたり多種多様な材料特性に対する構造特性解析を提供します。疲労分析は、製品の耐久性と信頼性につながる繰り返し荷重下における強度の情報を提供します。

TAインスツルメントは、**単一のプラットフォーム上で卓越した高荷重DMAと疲労特性評価**を実現する優れた高性能装置、ElectroForce® DMA 3200を発表いたします。TAは唯一、特許取得済みの線形動作技術と世界トップクラスのDMA機能を、非常に要求の厳しいアプリケーション向けの汎用性の高い機械試験プラットフォームに融合させることができました。

高荷重DMA/疲労試験 DMA 3200

DMA 3200は、数十年に及ぶ実績に基づいた最新の疲労試験と世界をリードする動的機械分析技術を、汎用性の高い独自の試験プラットフォームに融合させました。

特許取得済みの摩擦のないElectroForce[®]モーター技術、優れた機械設計、効率的な環境制御、様々なクランプシステムにより幅広いアプリケーションに対応する優れたデータ精度を実現します。



The **ULTIMATE** in **MECHANICAL TESTING VERSATILITY** in a **SINGLE INSTRUMENT** that delivers **INDUSTRY-LEADING DMA** and **FATIGUE TESTING CAPABILITIES**



特徴と利点

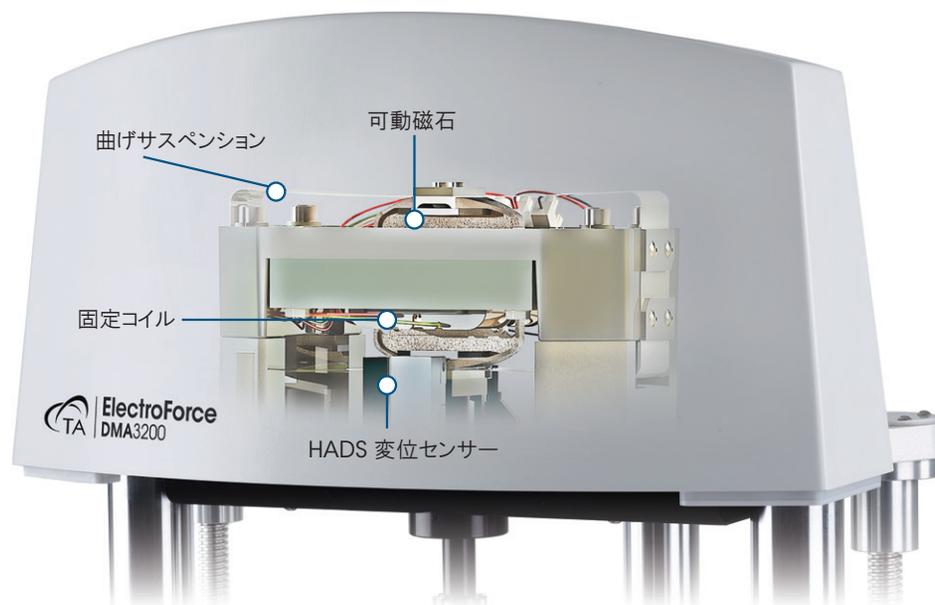
- 特許取得済みのリニアモーターと高分解能変位センサーが、幅広い荷重、変位および周波数に対する類まれな制御によって、優れたデータ精度を実現
- 業界で唯一10年間保証付きの非常に耐久性のある、摩擦のないモーターにより、メンテナンス不要で安心な操作が可能
- 500 Nという高荷重により、DMAと疲労分析においてより高い荷重レベルを実現することで、実際の条件下でより大きなサンプルや最終品の試験が可能
- フォースコンベクションオープン (FCO) により、-150 °C ~ 600 °Cの温度範囲で優れた制御と応答性を提供し、試験温度プロファイルにおける最高水準の正確性と柔軟性を実現
- -150 °C ~ 315 °Cの温度範囲に対応するラージサンプルオープン (LSO) は広々としたスペースを備えており、大きなサンプルや部品の試験に対応
- エアチラーシステム (ACS) は、液体窒素を利用せずに低温試験可能な独自のガスフロークーリングで、ラボの潜在的な危険性を排除しながら、驚異的な投資利益を実現
- 多様なフィクスチャーにより、幅広いサンプルサイズとジオメトリに対応し、試験の汎用性を高める
- 非常に頑丈な試験フレームとエアベアリングが、高剛性のサンプルにおける最高精度の結果を保証
- マルチカラーのステータスライトが、装置と試験の状態を明確かつ分かりやすく表示
- WinTest®とTRIOSソフトウェアパッケージにより、パワフルで使いやすい機器コントロールとデータ解析が可能で、実験計画における柔軟性を最大化

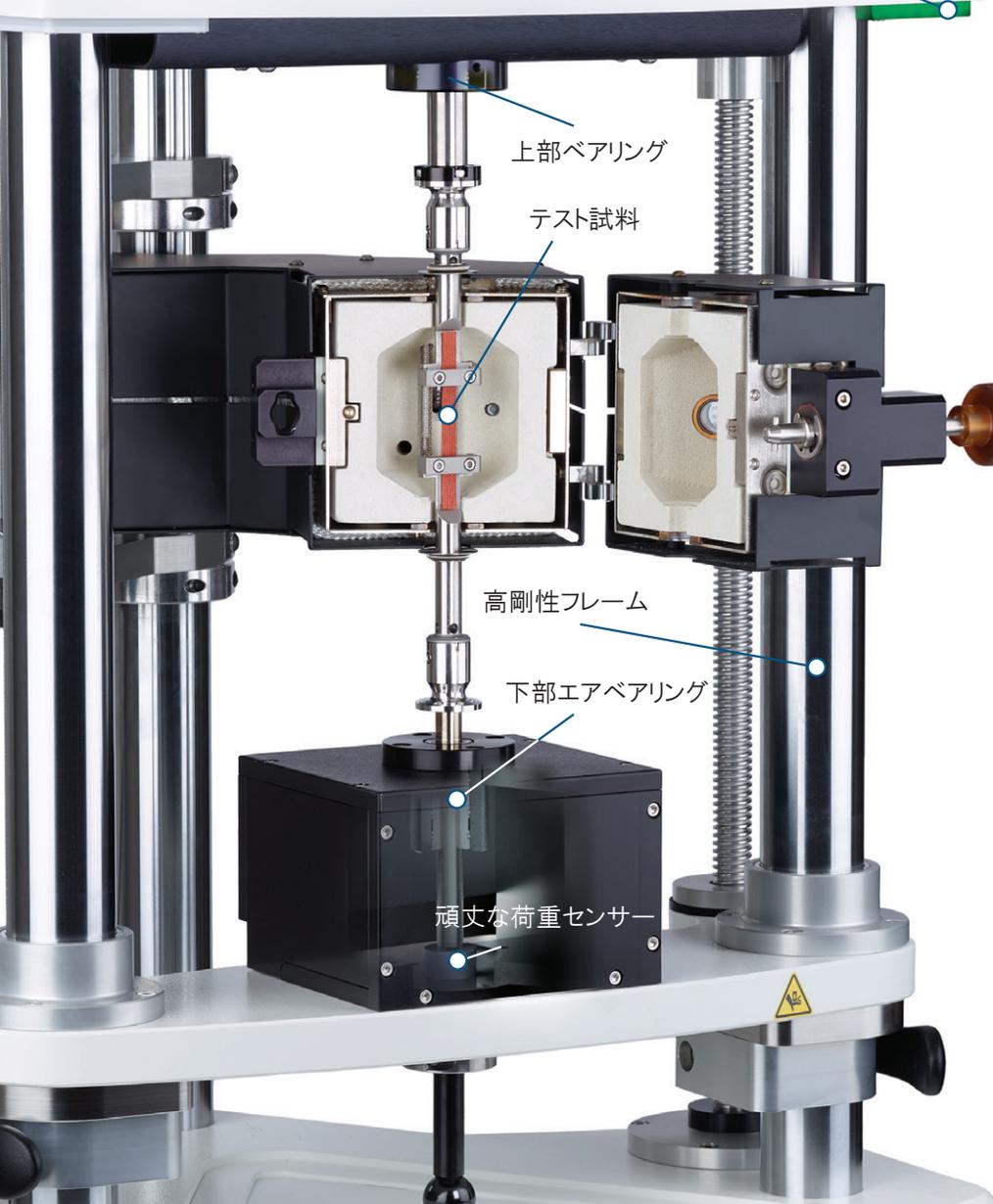
ElectroForce® リニアモーター

DMA 3200には、特許取得済みのElectroForceリニアモーター技術が搭載されており、ひとつの装置で優れた性能とデータ精度を実現します。この独自のモーター技術は、高性能の希土類磁石と摩擦のない曲げサスペンションを組み合わせ、幅広い周波数および振幅に対して、正確性の高い荷重と変位制御を行います。

DMA 3200モーターは、最大500 Nの荷重を出力し、1ミクロンから13 mmまでの変位制御を行います。静的および動的モードで試験を行うことができます。また、摩擦のない可動磁石設計を備えているため、移動する電線やベアリングの劣化など、他のモーター設計にみられる問題点を排除します。これは、ElectroForce疲労試験機における数十年におよぶメンテナンスフリーの稼働で数十億回のサイクルを実行可能な、最高水準の耐久性と信頼性を誇る性能を保証します。

10年保証付きの、業界唯一のモーターです。効率的、静か、潤滑油なしで作動するモーター技術により、DMA 3200はラボから製造現場、クリーンルーム、オフィススペースにいたるまで、実質的にあらゆる場所で使用できます。





上部ベアリング

テスト試料

高剛性フレーム

下部エアベアリング

頑丈な荷重センサー

高分解能オプティカル変位センサー

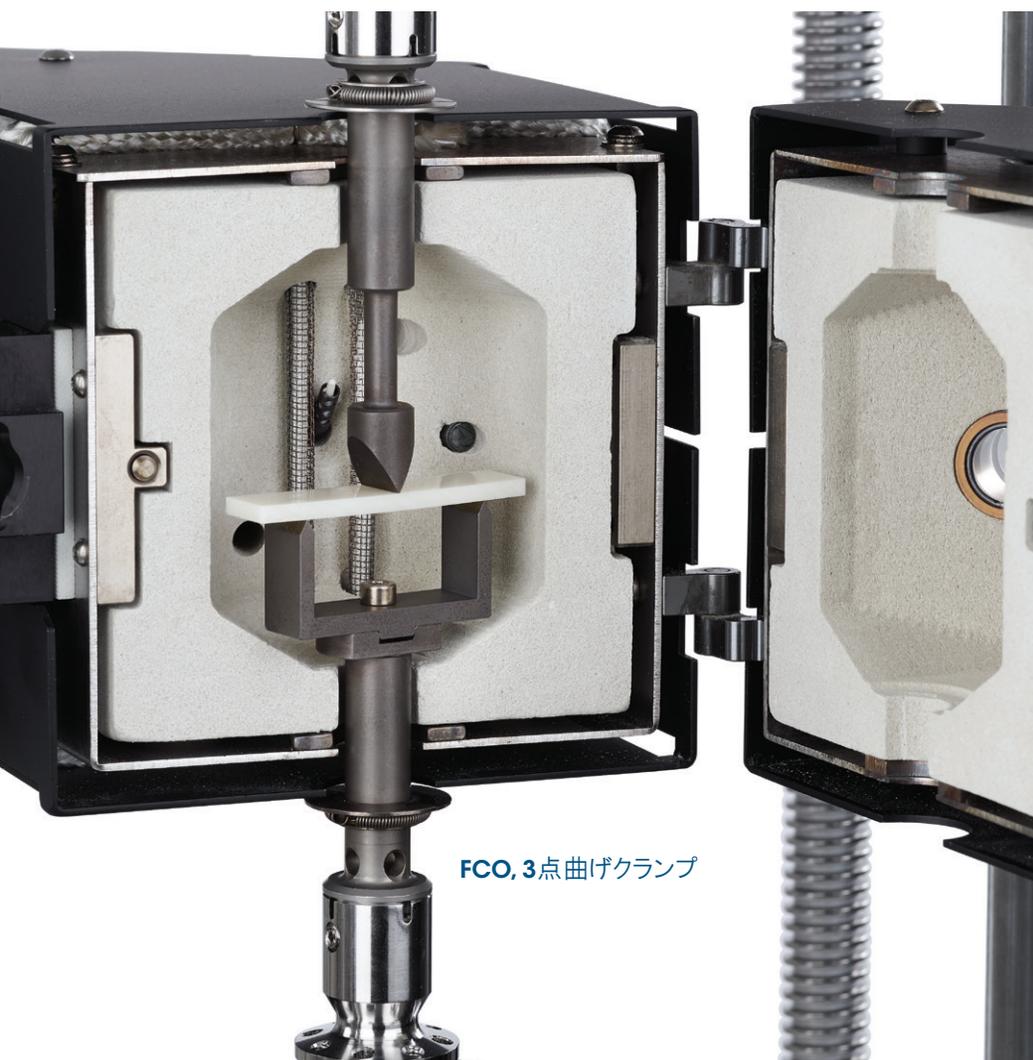
DMA 3200には、DMAと疲労試験に必要な大小の変形に対する純度の高い制御と測定を可能にする、高精度変位センサー(HADS)が搭載されています。HADSは、摩擦のない低ノイズの高速測定がナノメートル分解能で可能な高性能オプティカル機器です。サンプルと荷重軸の近くに設置されているセンサーは、コンプライアンスや熱膨張におけるエラーを最小限に抑えます。

交換可能な荷重センサー

高剛性・高帯域幅の荷重センサーが頑丈なフレーム基部に取り付けられており、試験範囲の柔軟性のために、センサーを交換できます。装置には標準装備として500 Nセンサーが付属しており、22 N荷重センサーは柔らかいサンプルテスト用の低荷重データを改善するためにオプションで追加可能です。

高い機械的剛性設計

機械的試験では、測定精度を確保するために、フレーム、接続部、サンプルクランプなどの高剛性の構成を備えた装置設計が重要となります。装置部品の変形、コンプライアンスを最小限に抑えることで、サンプル変形として現れてしまう変位測定誤差を軽減することができます。3200の高剛性設計は、優れたデータ精度を保証します。頑丈な3柱フレーム設計が軸および軸外の剛性を最大化し、テスト試料の上下にエアベアリングを使用することによりさらにはさらに強化されます。測定時にノイズや摩擦が発生する従来の回転ベアリングあるいは滑りベアリングとは異なり、エアベアリングは摩擦のないElectroForce®リニアモーターの高性能を維持できる利点があります。



FCO, 3点曲げクランプ

DMA 3200は、広範な試験要件を満たすための柔軟性を備える2つの環境システムのうちのいずれかを使用して構成できます。どちらのシステムも様々なクランプシステムを用意しており、液体窒素を利用しない低温試験用の独自のガスフロークーリングを備えたTAのエアチラーシステムに対応します。

フォースコンベクションオープン, FCO

FCOとは、材料試験用の最高の温度機器であり、温度応答時間、温度均一性と温度安定性を最適化できるように設計されています。この優れたオープンには、最大60 °C/minの速度で加熱することができます。優れた温度安定性は、2台の電気抵抗式ガンヒーターを使用することで実現します。特殊な形状のオープンチャンバー内で互いに逆方向に回転する気流を生成し、-150 °C~600 °C*の温度範囲において温度安定性と均一性のためにガス混合の最適化を行います。FCOには、便利な長寿命の内部LEDランプと観察用の窓が標準で装備されています。オプションの液体窒素クーリングシステムは-150 °Cまでの制御が可能です。または、液体窒素フリーエアチラーシステムを使用して-100 °CまでFCOを冷却することも可能です。

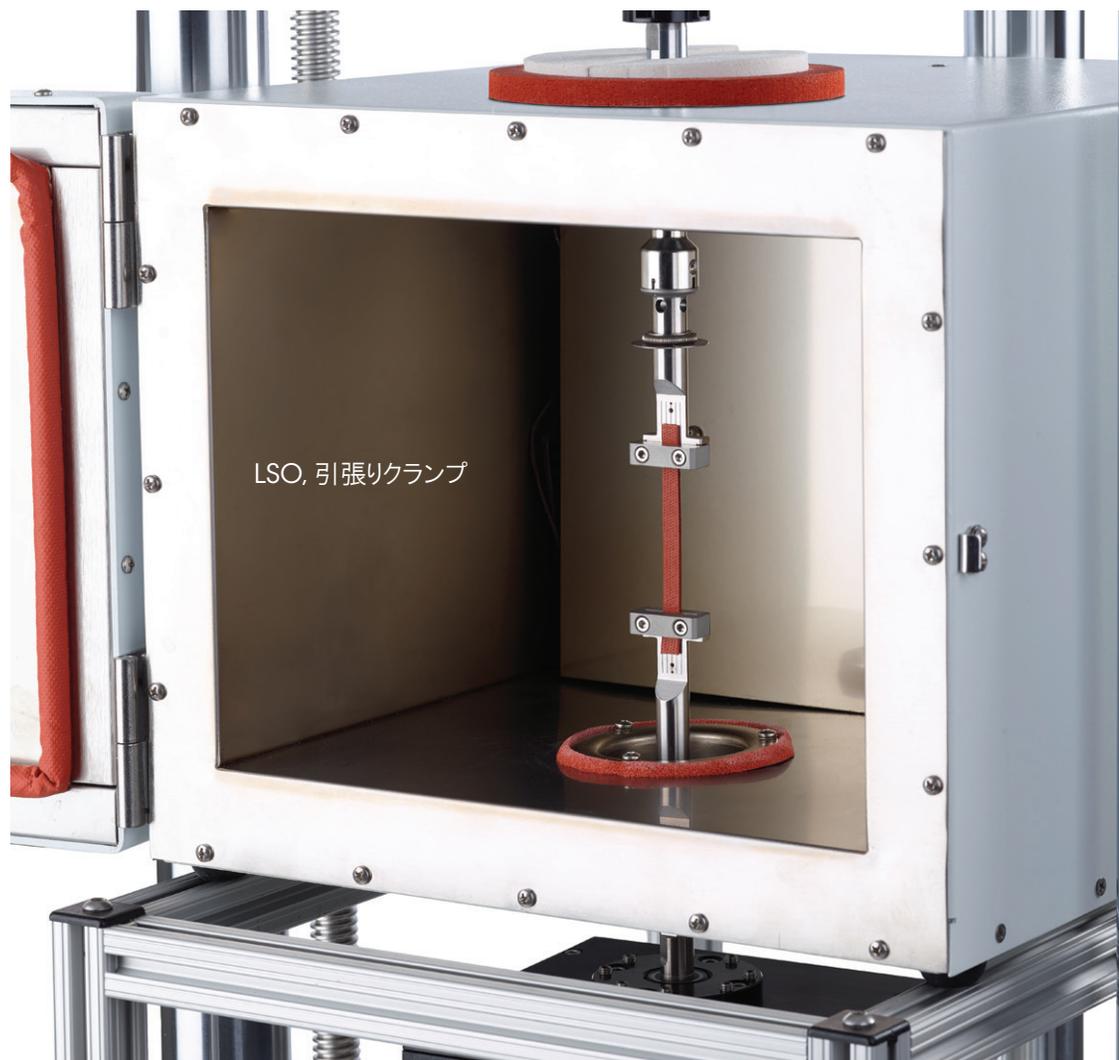
ラージサンプルオープン, LSO

LSOは広々としたスペースを備えており、大きなサンプルや部品に対応します。この設計では、空気は2つの抵抗素子を通して内箱に送られ、-150 °C~315 °Cの範囲で温度を制御するために大容量キャビティ内の均一性を最適化します。LSOには、140 mm x 190 mmの大きな観察用の窓と取り外し可能なドアが標準で装備されています。大容量のLSOは、独自のアプリケーション用にカスタマイズされたクランプでDMA 3200を構成するのに最適です。

*500 °C以上の試験には、高温用サンプルクランプが必要です。

エアチラーシステム, ACS

エアチラーシステムは、液体窒素を使用せずに低温試験を行う独自のガスフロー冷却を提供します。ACS-2およびACS-3の2つのモデルはマルチステージのカスケードコンプレッサー設計を採用し、冷却媒体として圧縮空気 (7 bar, 200 L / min) を利用できます。ACS-2およびACS-3は、それぞれ-55 °Cと-100 °Cの低温でFCOの操作が可能です。LSOでは、ACS-2およびACS-3は、それぞれ-15 °Cと-50 °Cの低温で操作可能です。チラーシステムによって、液体窒素の使用とラボに関連する危険性を排除または軽減し、驚異的な投資利益をもたらします。



CLAMPING SYSTEMS | TECHNOLOGY

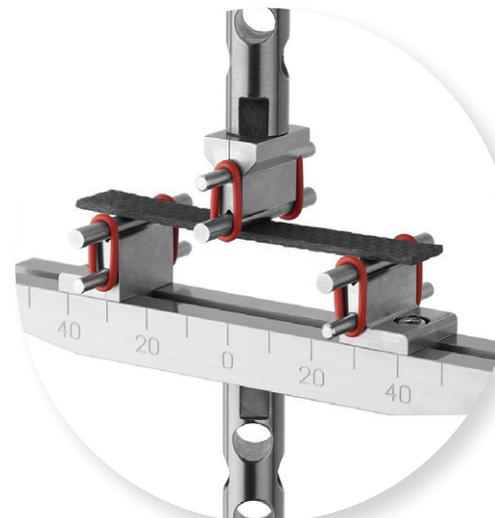
DMA 3200には、幅広いサンプル剛性に対応する複数の変形モードを提供する、様々なサンプルのクランプシステムが搭載されています。標準クランプシステムは、引張り、圧縮、3点曲げ、クランプ曲げ、シアーサンドイッチを含み、FCOと使用可能です。17-4ステンレススチール製の標準のFCOクランプは最大500 °Cで使用可能で、オプションのクランプにより最大600 °Cまで対応できます。チタン製のLSOクランプシステムは大きなサンプルに対応でき、引張り、圧縮、3点曲げモードを使用できます。すべてのFCOクランプは、LSOと使用可能です。



FCO

3点曲げ

このモードでは、サンプルは両端と中央の3つの接触点の周囲で変形します。サンプルはクランプの影響を排除する支点により固定されずに支えられるため、純粋な変形のモードと見なされます。複合材料、セラミック、ガラス質および半結晶ポリマー、金属など、剛性材料の固体のバーの試験に適しています。



LSO



FCO

引張り

このモードでは、サンプルは上部と下部で固定され、引っ張られた状態で設置されます。引張りクランプは薄いフィルム、ストリップ、板、ファイバー、ファイバー束の引張り用です。



LSO



FCO

圧縮

このモードでは、サンプルは上部と下部の円形プレート間に挟まれ、さまざまな圧縮条件下で変形されます。圧縮は発泡体、エラストマー、ゲル、その他柔らかい固体など、多くの低～中弾性率材料に使用できます。



LSO



デュアルおよびシングルカンチレバー

支持点と変形点が機械的にサンプルに固定されるため、カンチレバーモードは「クランプ」または「サポート」曲げモードともいいます。デュアルカンチレバーでは、サンプルは両端と中央が固定されます。同じクランプがシングルカンチレバーとしても使用され、サンプルは一方の端と中央のクランプの間で固定されます。シングルカンチレバーによって、より短いサンプル長で試験できます。カンチレバーは熱可塑性樹脂とエラストマー、その他高ダンピング材料の汎用試験、および基板上的コーティングの転移測定に適しています。



シアーサンドイッチ

シアーサンドイッチでは、サイズが等しい2つの材料が両端と中央のプレートの間で挟まれます。適用される変形はサンプルの厚さに平行で、変形は単純なせん断です。このモードは、「ダブルラップシアー」と呼ばれることもあります。典型的な試験対象のサンプルにはポリマーメルト、発泡体、エラストマー、ゲル、ペースト、その他柔らかい固体、または高粘度液体が含まれます。

クランプ仕様	FCO* クランプサンプル寸法	LSO クランプサンプル寸法
引張り	最大長さ 35 mm, 最大幅 12.5 mm , および最大厚さ 1.5 mm	最大長さ 100 mm, 最大幅 12.7 mm, 最大厚さ 8 mm
圧縮	直径 8, 15, 25 mm プレート付; 最大厚さ 15 mm	最大直径 50 mm, 最大厚さ 100 mm (高さ)
3点曲げ	10, 25, 40 mm スパン 最大幅 12.8 mm, 最大厚さ 5 mm	10 ~100 mm 調整可能スパン. 最大幅 13 mm, 最大厚さ 10 mm
カンチレバー曲げ	最大長さ 38 mm, 最大幅 12.5 mm, 最大厚さ 1.5 mm	N/A
シアースンドイッチ	サンプル厚さ 0.5, 1.0, 1.5 mm せん断表面 15 mm 角正方形 .	N/A

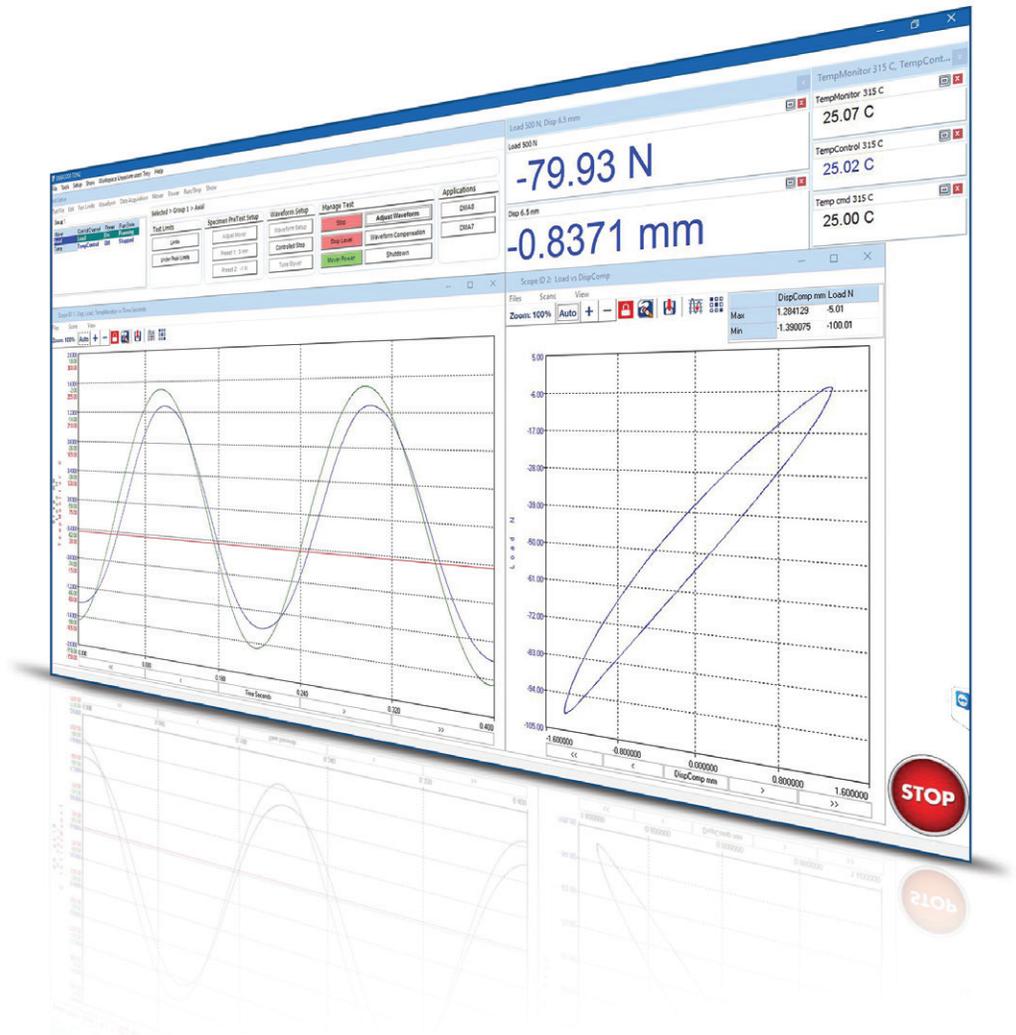
* 注: すべてのFCOフィクスチャは、DMA 3200 LSO環境システムと互換性があります。アダプターが付属します。

CONTROL AND ANALYSIS SOFTWARE | TECHNOLOGY

DMA 3200は、業界最高性能の2つのソフトウェアパッケージによって稼働します。WinTest®とTRIOSです。これらの2つのパッケージは、迅速かつ柔軟な実験の実施と結果の提示を実現するための高度なアルゴリズム、精巧なデータ可視化、優れた分析ツールを提供します。

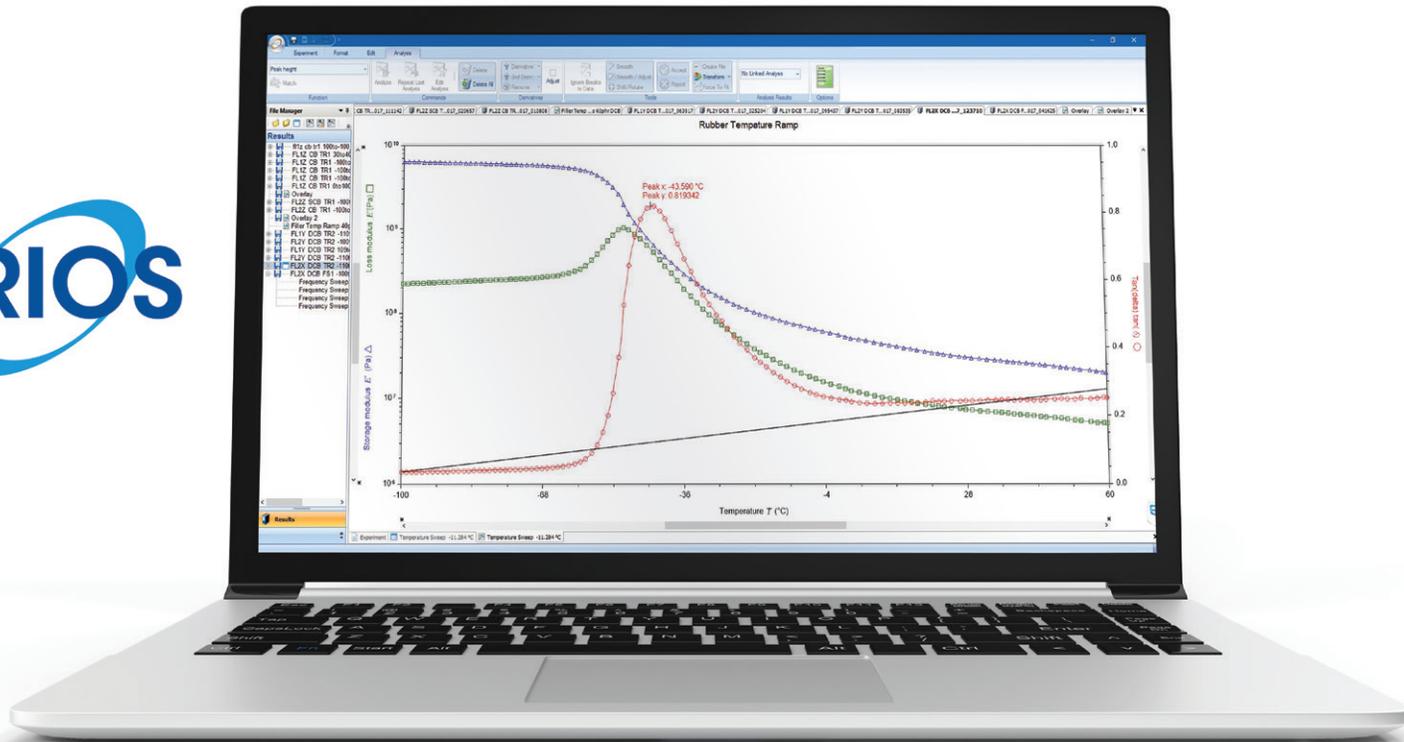
Win Testアドバンスコントロールソフトウェア

WinTestは、DMA 3200向けの優れた装置制御・データ取得ソフトウェアです。直感的な環境に加えて、疲労およびDMA実験計画に高い柔軟性を実現します。DMAの実験方法には、昇温、温度掃引、ひずみ掃引、周波数掃引が含まれています。正弦波、三角波、短形波、ランプをはじめとした様々な波形によって、疲労およびランプ試験を容易に設定できます。また、複数の波形を組み合わせた、実際の波形をインポートすることができます。独自のTuneIQとControlled Stopにより、ユーザーはタスクの調整を簡略化することで、ElectroForce®モーターの加速度と駆動力を活用できます。



TRIOS データ解析用ソフトウェア

TAインストルメントのTRIOSソフトウェアは、WinTestからDMAデータを円滑に移動させ、DMAデータの解析・表示用の業界トップクラスのツールを実験者に提供します。この直感的なソフトウェアには様々なプロットツールが搭載されており、その一部には多軸プロット、高性能のデフォルトおよびユーザーによるカスタマイズ可能なスマートグラフ設定、ドラッグ・アンド・ドロップによるオーバーレイ、ユーザー定義の変数が含まれます。幅広いDMA解析モデルと機能には、時間温度スーパーポジション(TTS)、ピーク解析、オンセットポイント解析、ピーク積分、連続離散緩和スペクトルが含まれます。TRIOSソフトウェアはコンピュータにオフラインでインストールすることができ、データを同僚と容易に共有することが可能となります。

The logo for TRIOS, featuring the word "TRIOS" in a bold, blue, sans-serif font. A stylized blue swoosh or arc curves around the letters, starting under the 'T' and ending under the 'S'.

DMA 3200 | APPLICATIONS

動的機械分析 DMA

DMAとは、正弦波変形、応力または歪みをサンプルに適用し、粘弾性応答を測定する技術です。実験中、変形の周波数と振幅は一定に維持されるか、変化(掃引)させることができます。温度、周波数または時間の関数として、変形に対する材料の応答をモニタリングできます。DMAは粘弾性材料の複素弾性率(E^*)、貯蔵弾性率および損失弾性率(E' 、 E'')、ダンピング($\tan \delta$)を含む様々な機械的特性を特定し、分子運動の検出と構造・特性の相関関係を構築します。

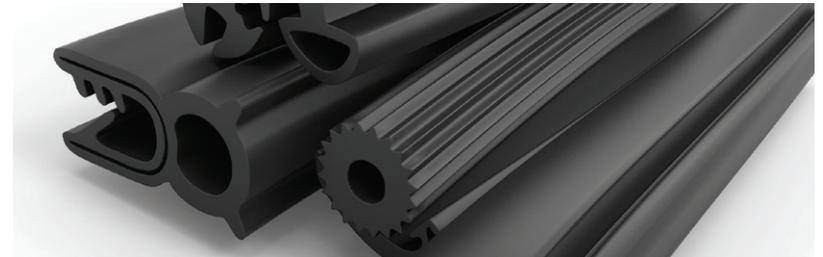
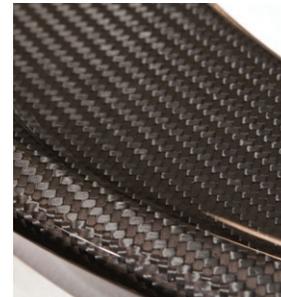
DMAの測定可能な材料特性および典型的なアプリケーション:

材料特性:

- 弾性率 (E)
- 剛性率 (G)
- 複素弾性率 (E^* , G^*)
- 貯蔵弾性率および損失弾性率 (E' , E'' , G' , G'')
- ダンピング特性 ($\tan \delta$)
- 複素剛性 (K^*)
- 貯蔵剛性および損失剛性 (K' , K'')

典型的なアプリケーション:

- ガラス転移温度
- 二次転移
- 軟化および融解温度
- 時間/温度スーパーポジション
- 線形粘弾性領域
- ペイン効果
- マルシス効果
- 分子量/架橋
- 硬化評価
- 伝達性
- ヒステリシス
- 物理的または化学的劣化
- 配向の影響
- 添加物の影響
- 衝撃強度



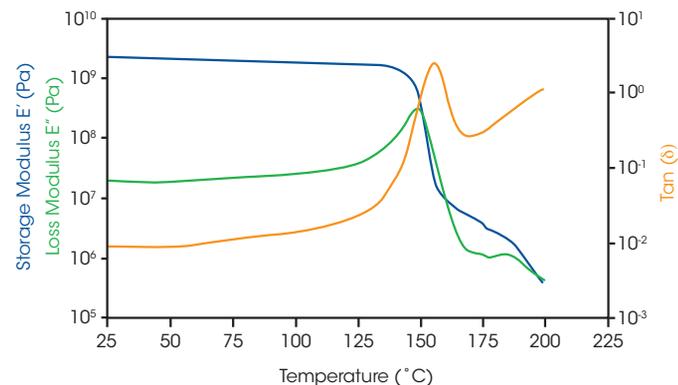
高荷重動的機械分析 DMA

DMA 3200の高荷重機能は、試験の荷重形態の幅を広げ、大きなサンプルや実際の部品の試験を可能にします。右側の図は、高荷重DMA機能の例を示しています。

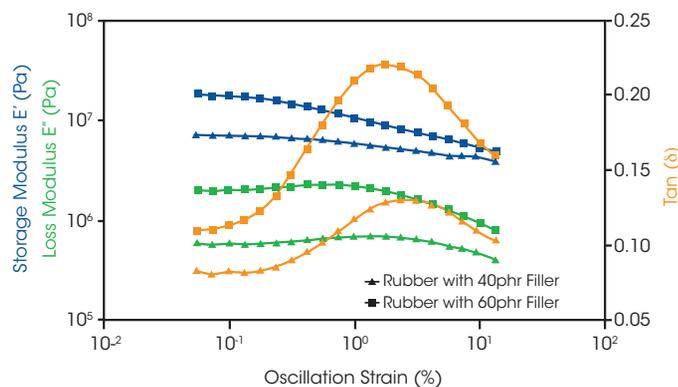
上の図は、昇温速度3 °C/min、歪み0.4%での、ポリカーボネート棒の結果を示しています。このサンプルの寸法は、厚さ1.6 mm、幅12.8 mm、長さ19 mmです。これらの結果は複数の面でのDMA 3200設計の性能を示しています。まず、DMA 3200の高荷重かつ高剛性な設計により、引張りモードでガラス領域またはガラス転移温度(Tg)以下で、このような厚さのポリマーのサンプルテストが可能となります。従来の低荷重DMA装置の設計では、荷重と剛性の両方が制限されるでしょう。このような結果は、引張りではなく曲げから得られることになるでしょう。次に、摩擦なしの設計が優れた低荷重感度を実現し、3桁に及ぶ弾性率の変化を伴うガラス転移の特性評価を行うことができます。

下の図は、温度30 °C、周波数10 Hzで圧縮クランプを使用して試験した2つの円筒状のゴムサンプルにおける歪み掃引を示しています。サンプルの寸法は、直径10 mm、厚さ20 mmです。これらの2つのゴムサンプルには異なる量の充填剤が使用されています(40 phrと60 phr)。phrとは、ゴム重量100に対する各種配合剤の重量を示す単位です。充填剤の量が増加するほど、弾性率と弾性率の歪み依存性が高くなるのがわかります。試験中、歪み20%、5 mm相当を与えるために必要な荷重が60 Nに接近します。この結果は、DMA 3200の高荷重と優れた変位制御を示しています。

引張りでのポリカーボネート昇温



圧縮でのゴム歪み掃引



疲労および準静的試験

多くの材料、コンポーネントおよびデバイスは、使用中に繰り返し荷重を受ける状況にさらされており、この荷重によって材料の疲労が引き起こされます。この疲労は材料の挙動における大幅な変化を引き起こし、材料の総合的な性能に影響を与えたり、完全かつ壊滅的な破損を引き起こしたりする可能性があります。機械疲労試験は、材料、コンポーネントまたはデバイスが振動力、応力を受けた際に、どのように、そしていつ、破壊にいたるかについての情報を提供します。これらの材料の挙動に関する情報を利用することにより、信頼できる製品性能を保証するとともに、寿命を実証することができます。

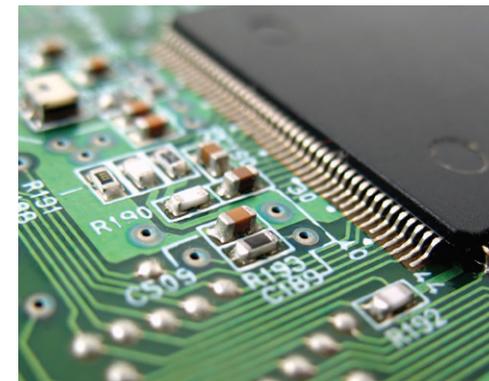
単調試験(引張試験)は、強度と変形応答を評価するために利用することもできます。この場合、単一の荷重試験で特性の測定を行います。DMA 3200は幅広い動的または静的強度評価に対応しながら、様々な材料、コンポーネントまたはデバイスの特性を測定できます。

測定例:

- 弾性率 (E)
- 剛性 (K)
- 降伏強度
- 引張り強度
- 破断時伸び
- 疲労強度

強度研究例:

- 加速寿命試験
- SN曲線の決定
- 機械的な劣化
- クリープと回復
- 応力緩和
- 引張り試験



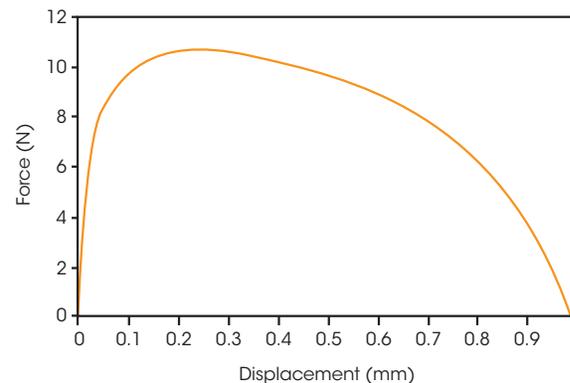
疲労および準静的試験を実現

DMA 3200の優れた柔軟性、駆動力、耐久性により、DMAをはじめとした様々な試験が可能です。幅広い速度と荷重により、疲労試験と準静的試験の両方に利用可能です。右側の図は、これらの機能の例を示しています。

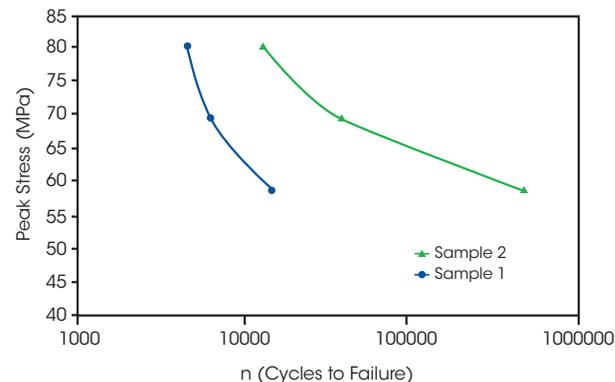
上の図は、小さなはんだ棒に関する単一の片引き試験(引張り試験)を示しています。変位ランプは1分あたりマイクロで制御され、温度は25℃で一定に保たれました。サンプルの寸法は、直径 0.5 mm、長さ2mmです。この試験では、長時間(この場合は14 時間)変位をゆっくり、そして正確に制御する必要があります。試験開始時は、サンプルはプロットの左側に標準的な線形領域を示しプロットの真ん中と右側には非常に長い延性破壊が示されています。この試験はElectroForce[®]リアモーターの柔軟性を表しています。ElectroForce[®]リアモーターは非常に高い動的性能を備えています、低速度で行われる正確な試験にも利用することができます。

下の図は、熱可塑性エラストマーの疲労試験の結果を示しています。この曲線は、一般的に強度とサイクル数の関係を示す「SN曲線」と呼ばれています。SN曲線は、繰り返し荷重における材料やコンポーネントの寿命を、荷重レベルの関数として示し、特性評価を行うために使用される一般的なグラフです。応力が減少すると、サンプルに必要な破壊サイクル数が増加することがわかります。この試験では、DMA 3200が高サイクル試験にどのように使用され、高加速性と耐久性を利用しているかを示しています。

はんだにおける引張り疲労試験



2つの熱可塑性エラストマーを比較する疲労試験



DMA 3200 | SPECIFICATIONS

仕様	DMA	疲労/準静的
最大荷重	500 N	450 N
最小荷重		
500 N センサー	0.2 N	5.0 N
オプション 22 N センサー	0.025 N	0.22 N
荷重分解能		
500 N センサー	0.006 N	0.015 N
オプション 22 N センサー	0.00026 N	0.00067 N
動の変位範囲	±0.0005 ~ ± 6.5 mm	±0.002 ~ ± 6.5 mm
変位分解能	1 Nanometer	1 Nanometer
最大加速度	80 G	80 G
50 Hzにおける最大変位	± 6.5 mm	± 6.5 mm
100 Hzにおける最大変位	± 1.0 mm	± 1.0 mm
弾性率範囲	$10^3 \sim 3 \times 10^{12}$ Pa	NA
弾性率精度	± 1%	NA
Tan δ 感度	0.0001	NA
Tan δ 分解能	0.000015	NA
周波数範囲	0.01 ~ 100 Hz	0.00001 ~ 300 Hz

オープン仕様	FCO	LSO
最大温度	600 °C*	315 °C
昇温速度	0.1 ~ 60 °C/min	0.5 ~ 10 °C/min
冷却速度	0.1 ~ 60 °C/min	0.5 ~ 10 °C/min
等温安定性	± 0.1 °C	± 2 °C
内部寸法	高さ 70 mm x 直径 60 mm	191 x 200 x 200 mm

* 注:標準サンプルランプは、最大500 °Cまで対応します。600 °Cの試験には、オプションのサンプルランプが必要となります。



AMERICAS

New Castle, DE USA
Lindon, UT USA
Wakefield, MA USA
Eden Prairie, MN USA
Chicago, IL USA
Irvine, CA USA
Montreal, Canada
Toronto, Canada
Mexico City, Mexico
São Paulo, Brazil

EUROPE

Hüllhorst, Germany
Bochum, Germany
Eschborn, Germany
Wetzlar, Germany
Elstree, United Kingdom
Brussels, Belgium
Eftten-Leur, Netherlands
Paris, France
Barcelona, Spain
Milano, Italy
Warsaw, Poland
Prague, Czech Republic
Sollentuna, Sweden
Copenhagen, Denmark

ASIA & AUSTRALIA

Shanghai, China
Beijing, China
Tokyo, Japan
Seoul, South Korea
Taipei, Taiwan
Guangzhou, China
Petaling Jaya, Malaysia
Singapore
Bangalore, India
Sydney, Australia



tainstruments.com

ティー・エイ・インスツルメント・ジャパン株式会社

本社 〒141-0031 東京都品川区西五反田5-2-4レキシントン・プラザ西五反田6F
TEL(03)5759-8500 FAX(03)5759-8508
大阪営業所 〒532-0011 大阪市淀川区西中島5-14-10新大阪トヨビル10F
TEL(06)6303-6550 FAX(06)6303-6540
www.tainstruments.com

*製品の仕様は予告なく変更される場合があります。ご了承ください。

