

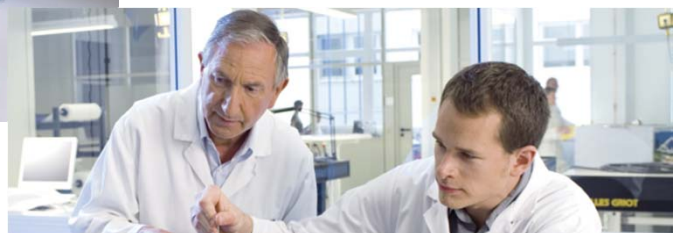
# PI

## PI社製ヘキサポッドステージシリーズの ご紹介



ピーアイ・ジャパン株式会社

## PI社のヘキサポッド



PI社のヘキサポッドはピエゾステージ同様独自開発はもちろんのこと、エンコーダ・ヒンジ及びソフトウェアに関しても独自開発・自主生産をしています。そのためあらゆるカスタマイズも対応可能です。

一見設置が複雑に見えるかもしれませんが、PI社のヘキサポッドは設置後すぐに付属のソフトウェアPI MikroMove!にて動作が可能です。

### ヘキサポッドの主な特徴

- 大口径
- 3本の直線軸、3本の回転軸
- 低移動質量、低慣性
- 加振機またはポイントtoポイントでの制御
- 軸クロストークの最小化
- 非常に優れた再現性
- 積み重ねステージに比べて狭い設置スペース
- 高剛性
- 自由に定義できる安定した仮想ピットポイント
- 個々のアクチュエータに対して移動距離を指定する必要はなく、直交座標による座標入力のみで制御
- モーターブレーキ、アブソリュート測定に対応 BiSSインターフェース付きセンサ

### PI社について

PI社（Physik Instrumente社）はドイツ・カールスルーエを本拠地とし45年以上に渡りピエゾステージ・アクチュエータ・多軸ステージを提供してきました。精密位置決め技術分野では、グローバル市場を常に牽引しています。

精密位置決めのエキスパートが対応いたしますので、ぜひお気軽に御相談ください。

Website:<http://www.pi-japan.jp/>  
[info@pi-japan.jp](mailto:info@pi-japan.jp) TEL:042-526-7300

# 特徴

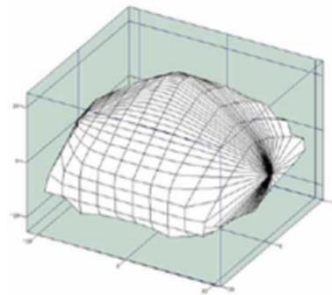
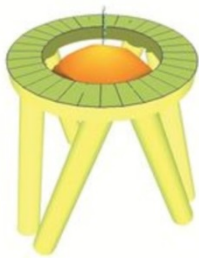
## 動作原理

PI社製ヘキサポッドは圧電ドライブまたは電気機械ドライブをベースとしており、フライトシミュレータやドライブシミュレータで知られる油圧式ヘキサポッドよりもはるかに高い精度を誇ります。高精度のリードネジドライブ、もしくは磁気またはピエゾベースのリニアモータを使用しています。ほとんどのシステムがセルフロック式です。直接駆動式のヘキサポッドではより高い速度が得られ、産業用途にはブラシレスモータ(BLDC)が特に適しています。圧電式のPiezoWalkステッピングドライブを備えたヘキサポッドは超高真空用途に適しており、非常に強い磁界内でも動作可能です。

## ワークスペース

ヘキサポッドが任意の位置から実施可能な平行移動、および回転の組み合わせすべてを総称してワークスペースと言い、使用する座標系の原点を基準として指定します。

ワークスペースは、障害物や搭載物の寸法および位置などの外的要因により制限されます。

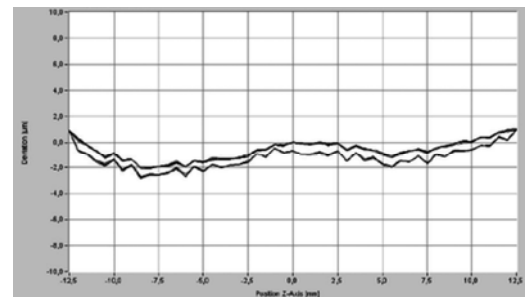


さまざまなヘキサポッドワークスペースのシミュレーション

## 高度なモーションコントロール

ヘキサポッドの各ドライブは、必ずしも移動方向を向いているわけではありません。このため、リアルタイムに必要な座標変換を処理できる高性能なコントローラが必要になります。

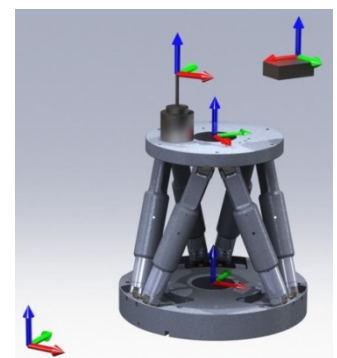
弊社では、ユーザーフレンドリーなソフトウェアを備えた高性能デジタルコントローラを用意しています。モーションコマンドはすべて直交座標で指定し、各アクチュエータに対する座標変換はすべてコントローラ内部で行われます。



高精度ヘキサポッドH-824のZ方向における位置決め精度は25 mmのトラベルレンジ全体で数マイクロメートルであり、再現性は $\pm 0.1 \mu\text{m}$ よりもはるかに小さい。

## オートメーションでのヘキサポッド： 統合を容易にする制御装置とインターフェイス

- ジャーク制限付きの高精度経路制御  
速度および加速度を定義した複雑な軌道に基づいて動作させることができます。
- ユーザー定義の座標系  
ワークピースまたはツールの位置などを参照するさまざまな座標系を定義可能です。
- EtherCATインターフェイス  
フィールドバスインターフェイスにより親PLCまたはCNC制御装置へ簡単に接続でき、オートメーションラインの別のコンポーネントと同期させて動作させることが可能です。

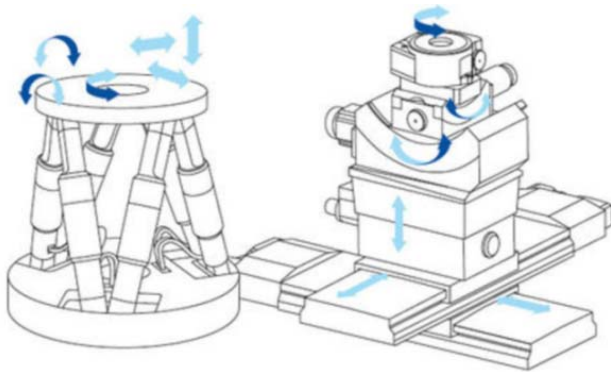


ヘキサポッドの目標値の基準として使用する座標系は任意に定義可能

## ヘキサポッドの特徴

### パラレルキネマティックと積上ステージの違い

連続的に積層したシステムの1番下の軸は、ペイロードの質量だけでなく、上にある他すべてのドライブの質量も移動させることとなります。







パラレルキネマティック(左)と比較対象の連続積層構造(右)のモーション方向

パラレルキネマティック		連続積上設計
サイズ	コンパクト構造	比較的大サイズ、ベース部に安定化機構必須
ダイナミクス/剛性	プラットフォーム搭載時	各ステージで搭載物に加えて上部に搭載されているステージも動かすため、適切に設計する必要あり
精度	すべての動作軸で同じ	「最下部」から「最上部までの」すべての誤差が積算され、構造の高さのため並列誤差が大きい
ケーブル接続	ケーブルの移動がなく精度に影響なし	必須
コマンド	PI社コントローラにより直交座標系でコマンドを記録し、各ストラットのモーションに変換可能	軸ごとに直交座標で指定
回転中心	PI社製ソフトウェア使用により空間内のあらゆる点を選択可能	選択したステージ形状により固定
ワークスペース	通常は制御あり	選択したステージ形状により固定

## 製品ラインナップ

型式	H-811型	H-820型	H-825型
外観			
寸法	上面：100mmΦ 底面：136mmΦ 高さ：114.3mm	底面：350mmΦ 高さ：308mm	上面：210mmΦ 底面：320mmΦ 高さ：195mm
トラベルレンジ	X,Y : ±17, ±16mm Z: ±6.5mm θx, θy: ±10, ±10° θZ: ±21°	X,Y : ±50 ±50mm Z: ±25mm θx, θy: ±15° θZ: ±30°	X,Y : ±27.5, ±25mm Z: ±14mm θx, θy: ±11.5, ±10.5° θZ: ±19°
最大速度	X,Y,Z : 20mm/sec θx, θy, θz: 500mrad/s	X,Y,Z : 2.8~25mm/ sec θx, θy, θz: 25/270mrad/s	X,Y,Z : 2.5/25mm/sec θx, θy, θz: 27/ 270mrad/s
最大荷重	5 kg	20kg	30kg
自重	2.2kg	15kg	10kg
特徴	小型・高速動作 ブラシレスDCモータ	コストパフォーマンス 良 ブラシレスDCモータ	コンパクト・ブラシレスDCモータと アブソリュートエンコーダを使用したバリエーション

## 製品ラインナップ

H-840型	H-845型	H-850型	H-855型
			
上面：260mmΦ 底面：348mmΦ 高さ：320mm	上面：520mmΦ 底面：750mmΦ 高さ：663.5mm	上面：250mmΦ 底面：348mmΦ 高さ：328.27mm	上面：300～360mmΦ 底面：450～570mmΦ 高さ：380～450mm
X,Y :±50 ±50mm Z:±25mm θx,θy:±15° θZ:±30°	X,Y : ±110～170mm Z:±50～105mm θx,θy: ±15～20° θZ:±30°	X,Y :±50 ±50mm Z:±25mm θx,θy:±15° θZ:±30°	X,Y :±10～75mm Z:±12.5～50mm θx,θy:±6.5～15° θZ:±10～30°
X,Y,Z : 2.5/60mm/sec  θx,θy,θz: 30/ 700mrad/s	X,Y,Z :20～ 50mm /sec  θx,θy,θz: 50～120mrad/s	X,Y,Z :6/100mm/se c  θx,θy,θz: 3/ 50mrad/s	X,Y,Z :2.8～25mm/sec  θx,θy,θz: 25～270mrad/s
30kg	1000kg	250kg	500kg
12kg	120kg	17kg	35～45kg
高速動作・ブラシレスDCモータとアブソリュートエンコーダを使用したバリエーション	最大 1 トンまで搭載可能。繰返し精度：±0.5μm	ブラシレスDCモータとアブソリュートエンコーダを使用したバリエーション	新製品

## 応用事例のご紹介

### 【ALMA望遠鏡配列用50のヘキサポッドシステム】

ALMA天文台の50基のアンテナは、PI社の高精度ヘキサポッドを使用しています。アタカマ砂漠の過酷な環境条件の下、電波望遠鏡の副反射鏡を高精度に位置合わせするため採用されました。

副反射鏡の背面に6自由度を持つヘキサポッドシステムが設置され、サブミクロン秒角の分解能で位置決めをすることができます。低気圧、最大50度の温度差、強風、埃、雨、海拔5000メートルという過酷な環境条件に適合し、高剛性で頑丈なジョイントをALMA向けヘキサポッド用に開発しました。このヘキサポッドは、数ミリメートルまで高い精度で副反射鏡の位置を調節することができます。



ALMA望遠鏡の副反射鏡でPIのヘキサポッドを設置するエンジニア

### 【ヘキサポッドによるモーシヨシミュレーション】

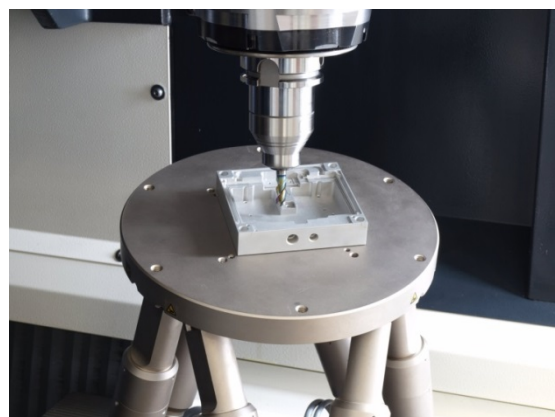


加振機としてのヘキサポッドは、耐振動性を評価するために使用されます。例えば、手振れ補正の機能を持つスマートフォンや携帯電話、カメラなどに使われる、加速度センサやジャイロセンサを持つデバイスの評価です。H-811ヘキサポッドは、CIPA（一般社団法人カメラ映像機器工業会）基準に従って画像安定化システムを試験するためにカメラのぶれをシミュレーションします。PI社は、画像安定化システム向けにCIPAで認定された、事前定義モーシヨシミュレーションによる高ダイナミクスシミュレーション用途として、ヘキサポッドを提供しています。

Image Engineeringから提供されているテスト設備  
(画像: Image Engineering)

### 【メカニカルエンジニアリングツールとしてのヘキサポッド】

メカニカルエンジニアリングの位置決めタスクに多軸システムとしてヘキサポッドを利用することができます。利用分野としては、電子部品生産現場での精密なハンドリングシステムや、穴あけやミリングの精密機械加工機のツールやワークの制御、車、航空機、重機の取り付け作業が挙げられます。



## 応用事例のご紹介



3次元測定器DM401シリーズは、ヘッドランプの位置決めにH-820ヘキサポッドを採用しています  
(画像: Dymaco Group)

### 【オートメーション用ヘキサポッド】

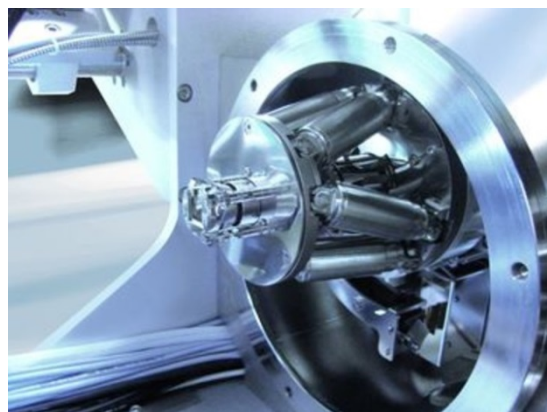
Dymaco Groupの寸法計測装置DM401シリーズ：自動車のヘッドランプ向けインライン自動寸法計測用にPI社のヘキサポッドが採用されています。ランプのCADデータに基づき規定測定ポイントが決定、ランプは生産ラインから抜き取られ、検査装置内の位置決めシステム上に配置されます。測定はキャリブレーションデータに従い自動完了、測定対象は決められた配置に調整されます。位置決め作業は非常に迅速かつマイクロレンジの高精度、高スループット率が必要です。このタスク用にH-820型が採用されています。ヘキサポッドを使用することにより、モーションロボティクスに必要な空間が最小化され、インライン式オートメーションにおける幅広い事例に対応できる優れた柔軟性が提供可能です。

### 【高真空下での薄膜成長のIn-situ 調査】

PI社のヘキサポッドはシンクロトロン放射光において、X線回折とX線反射は薄膜形成プロセスで薄膜の構造解析するために使われています。パラレルキネマティックヘキサポッドは、サンプルの位置決めを高精度に行うためには最適です。

コンパクトなPLD (Pulsed Laser Deposition) システムにおいて、高真空ヘキサポッドは、入射X線に対してサンプルを位置決めするのに使われます。サンプルはXY方向に分解能0.001°で±5°に傾けることができます。

加えて、薄膜の厚みを補正するためにZ軸方向に動かすことができ、最大3 mm調整することができます。また、XおよびY方向には±6 mm動かすことができ、サンプル表面を幅広くスキャンすることができます。直径はたった130 mmのコンパクトなヘキサポッドは、高さはわずか115 mmです。



### 【材料研究用高荷重パラレルキネマティクス】

ビームラインの高エネルギーX線により、溶接の継ぎ目の確認、加工物の疲労状況など、材料研究の可能性が広がります。これにはマイクロメートル精度で重量物の位置決めをする必要があります。ドイツ・ハンブルグにあるPETRA IIIストレージリングはその一例です。測定結果から材料の使用年数、使用可能年数、または寿命等の情報を得ることが可能です。ドメインや結晶構造までのレベルの影響を実証することができます。最大1トンの高荷重容量があるヘキサポッドにより設備全体を400 mmのストロークで±1 μmの精度で位置決めすることができます。設備にはシリンダーブロック、タービン、焼結炉、低温チャンバー、溶接装置、加工ツールが含まれます。



PETRA IIIのP07ビームラインのEH3実験装備にあるヘキサポッド：チタン アルミナイドレーザー溶接をするために、真空チャンバーの位置を決めます。(画像: PI / Helmholtz-Zentrum Geesthacht)



## 【フォトニクスパッケージング】

大容量化、高速化を求める世界のデータ需要を満たす上でシリコンフォトニクス（SiP）は不可欠な技術です。PI社のオートメーションサブシステムにより、SiP製品のメーカーは、必要なナノスケールの精度と高い生産スループットを維持しながら、優れたコスト効率と信頼性で新世代のフォトニクスデバイスのテストおよびパッケージングを実現しています。

この技術の鍵を握るのが複数の入出力と自由度の同時高速アライメントを自動化し、最適化を通常わずか数百ミリ秒で完了するPI社独自の機能です。その並列処理により、テストおよびパッケージングにおいてマルチチャネルSiPコンポーネントのポジショニングに従来必要だった時間のかかる反復的アプローチが不要になり、2桁を超える時間短縮が可能になります。またモジュール型アーキテクチャを採用しているため、デバイスおよび生産アプリケーションによって要件の異なるあらゆる生産テストおよびパッケージングのニーズに応えることができます。

自動化された組立およびアライメントシステムはシリコンフォトニクスの製造プロセスを数分に短縮することができます。しかし、デリケートな導波管の取扱い、光源の組み込み、光の入出経路の接続は非常に難しく、大きな課題となっています。

シリコン ウエハ上の導波管の直径は150~200 nmであり、コア径が9 μm の光ファイバーと比較するとはるかにデリケートです。（50 倍の大きさ）また、大量消費市場に供給するには最速の生産速度が必要とされ、ハンドリング、位置決め、アライメントには最高の精度が要求されます。



PI社は、SiP製品の重要な平面テストからパッケージング工程に必要となる、高速、平行、ナノレベルの精度、マルチ光学アライメント等の最適化に取り組んでいます。

この重要性は、2016 Photonics Prism Award“Oscars of Photonics”のファイナリストにノミネートされたことからわかります。この画期的なシステムには、高速ピエゾナノポジショニングテクノロジーと斬新なアルゴリズムで制御された超高精度モーションコントロールがインテグレーションされています。Photonics West 2015で紹介された画期的な技術は、長年に渡りフォトニクスアライメントの自動化及び基礎技術に携わってきたPI社のエンジニアチームより開発されました。PI社が提供しているフォトニクスアライメントシステムは、ソフトウェア駆動ステージソリューションからアライメント機能が内蔵された6軸ヘキサポッドまで幅広いセレクションがあり、このシステムはその一つです。



PI社の高速多軸フォトニクスアライメントシステムは、SPIE Photonics Westにて2016Prism Awardのファイナリストにノミネートされました。



Photonics West 2015で紹介された画期的な技術は、長年に渡りフォトニクスアライメントの自動化に携わってきたPI社のエンジニアチームより開発されました。PI社が提供しているフォトニクスアライメントシステムは、ソフトウェア駆動ステージソリューションからアライメント機能が内蔵された6軸ヘキサポッドまで幅広いセレクションがあります。

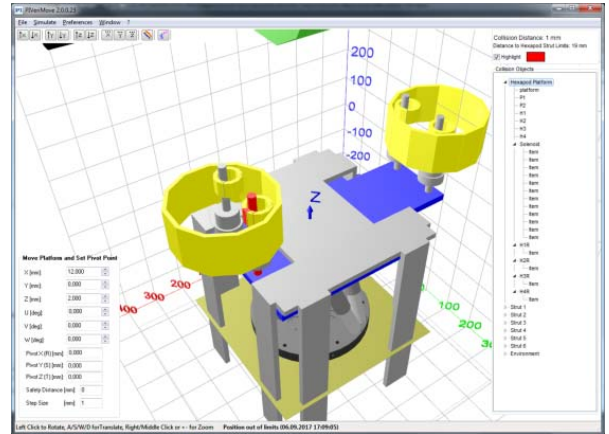
## ソフトウェアツール

### 【ヘキサポッドシミュレーションツール】

パラレルキネマティックの作業空間の境界は、現在位置(並進座標および回転座標)回転中心の現在の座標、および選択した座標系によって異なります。PI社のヘキサポッドには、これらの境界を楽に計算でき、境界を視覚的に表示できるプログラムが別にあります。

### 【PIMikroMove】高速アライメントのサポート

PI社の位置決め装置は「PIMikroMove」で制御可能です。駆動原理、軸数には左右されません。接続済みのコントローラと軸はすべて同一のインターフェースに表示されます。複数軸を様々なコントローラで制御し、同一ウィンドウから「PIMikroMove」を使って制御できます。ポジションパッドを使用すると、複数の別々の軸のモーションをマウスやジョイスティックで制御できます。ベクトルモーションも可能です。



PIVeriMoveにおける複雑なセットアップ表現

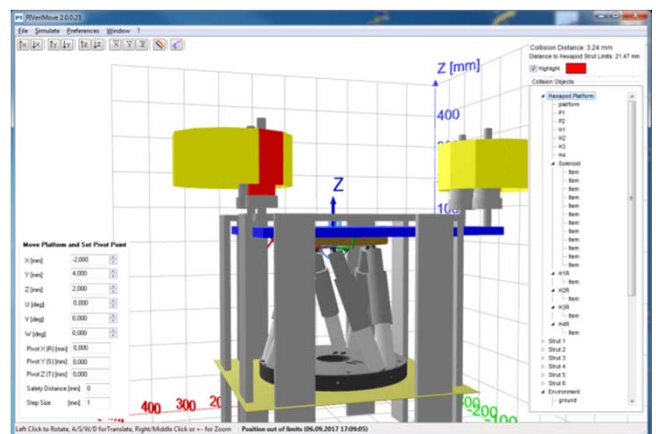
### 【ヘキサポッド向けソフトウェアツール / PIVeriMove】オプション料金が発生します

限られた空間で作業する場合、モーションプラットフォームとその周辺のセットアップの両方で問題が発生する可能性があります。実験段階のセットアップや本稼働ユニットの設計時によく注意したとしても、常に衝突のリスクを回避できるとは限りません。「PIVeriMove」は、プローブセットアップ、その他の可動パーツ、真空チャンバーの壁面のいずれであっても、動作範囲内に何かしらの障害物がある場合、ヘキサポッドの許容トラベルレンジを計算します。

作成した設定は、ヘキサポッドコントローラの幾何学計算のベースとして保存され、障害物に対する安全な空間ができ、モーションまたはポジションコマンドごとにオンラインでチェックできます。結果、ヘキサポッドが占有できる位置の新しい境界を把握することができます。

ターゲット位置と、衝突が発生する可能性がある軌跡に沿ったすべての点が実行前に確認されます。衝突が差し迫っている場合、動作しません。

更に安全策として余剰空間指定が可能です。余剰空間は空間の方向とは関係なく距離に加えられます。プラットフォームの回転の基準点となる回転中心は、いつでも変更できます。

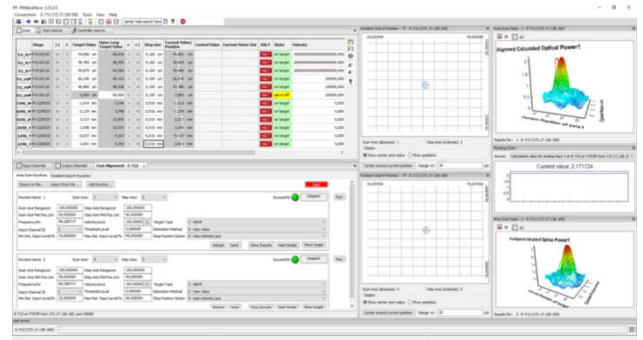


衝突の表現(赤色の領域)

## 制御について

### システム分析のためのデータレコーダー

- ユーザーが定義する周期的なモーションプロファイルを簡単に生成できるファンクションジェネレーター
- パラレルキネマティックの位置の視覚化
- コントローラーのマクロの追加機能として利用できるGCSベースのホストマクロ
- 1つのマクロで任意数のコントローラに対応可能
- デジタルピエゾコントローラのチューニングツール
- スキャニングウィンドウ。1軸以上の位置に応じて値(アナログ入力、デジタル入力、別軸の位置など)の指定と表示が可能
- 指定したデータ表現での高速アライメントタスクをサポート



PIMikroMoveでの高速アライメントのサポート

### データレコーダー

さまざまなデータを保存、時間関数としてデータを表示、迅速な視覚化を実現。

全てのコントローラが内部データストレージを備えています。よって非常に高速な操作でも正確なストレージが可能です。データソースおよびトリガーの種類は「PIMikroMove」のデータレコーダ画面で設定および選択できます。

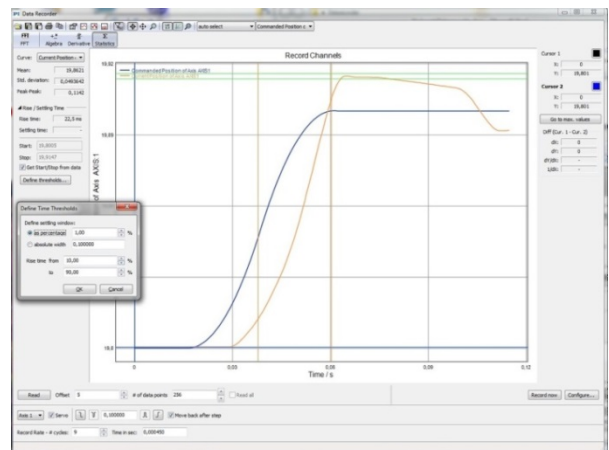
典型的なデータソース：

- 軸の指定された現在の位置
- 指示された軸の速度と加速度
- 軸あたりのモーター出力量
- ステータス情報
- アナログ入力の入力量
- システム関連の内部信号

測定された値はPIMikroMoveのデータレコーダ画面に即座に表示されます。優れた機能により正確な分析と評価を直接実行できます。

データ分析に使用できる機能例：

- カーソル位置での測定機能
- 最小の信号モーションにもアクセスできるズーム機能
- フィルターおよび分析機能。FFT、代数、微分、統計など
- カスタマイズ可能なデータ表現オプション
- csvなどの一般的なデータ形式での記録データのインポートおよびエクスポート
- グラフィックファイルへのエクスポートおよび標準プリンター出力



PIMikroMoveのデータレコーダー

### 【プログラミングサポート】

すべてのPIコントローラをアプリケーションとシームレスに統合できるよう、独自のプログラムをプログラミングできます。そしてカプセル化された関数呼び出しの形でコントローラにアクセスできる様々なライブラリーとドライバーを利用できます。コントローラへの接続と通信はわずかな作業で確立できます。コントローラの通信インターフェースは問いません。PIコントローラの総合的なソフトウェアパッケージでは次のような一般的なプログラム言語に対応するライブラリーとドライバーを利用できます。

•C、C++、C#、VB.NET   •Python   •MATLAB   •LabVIEW

Visual Basic (VB)やDelphiなどのあまり一般的ではないプログラミング言語についてはお気軽にお問い合わせください。コントローラによっては利用できない機能があります。詳細については、該当する製品のデータシートをご覧ください。

御見積・お問合せ

ピーアイ・ジャパン株式会社

〒190-0012 東京都立川市曙町2-38-5 立川ビジネスセンタービル5F

[TEL:042-526-7300](tel:042-526-7300)

[info@pi-japan.jp](mailto:info@pi-japan.jp)

大阪営業所

〒532-0011 大阪市淀川区西中島4-11-27花原第2ビル703号

[TEL:06-6304-5605](tel:06-6304-5605)

ウェブサイト

<http://www.pi-japan.jp>