

# RENGAGE™ テクノロジーの全容: 市場トップの性能を誇る、工作機械用高精度プローブ



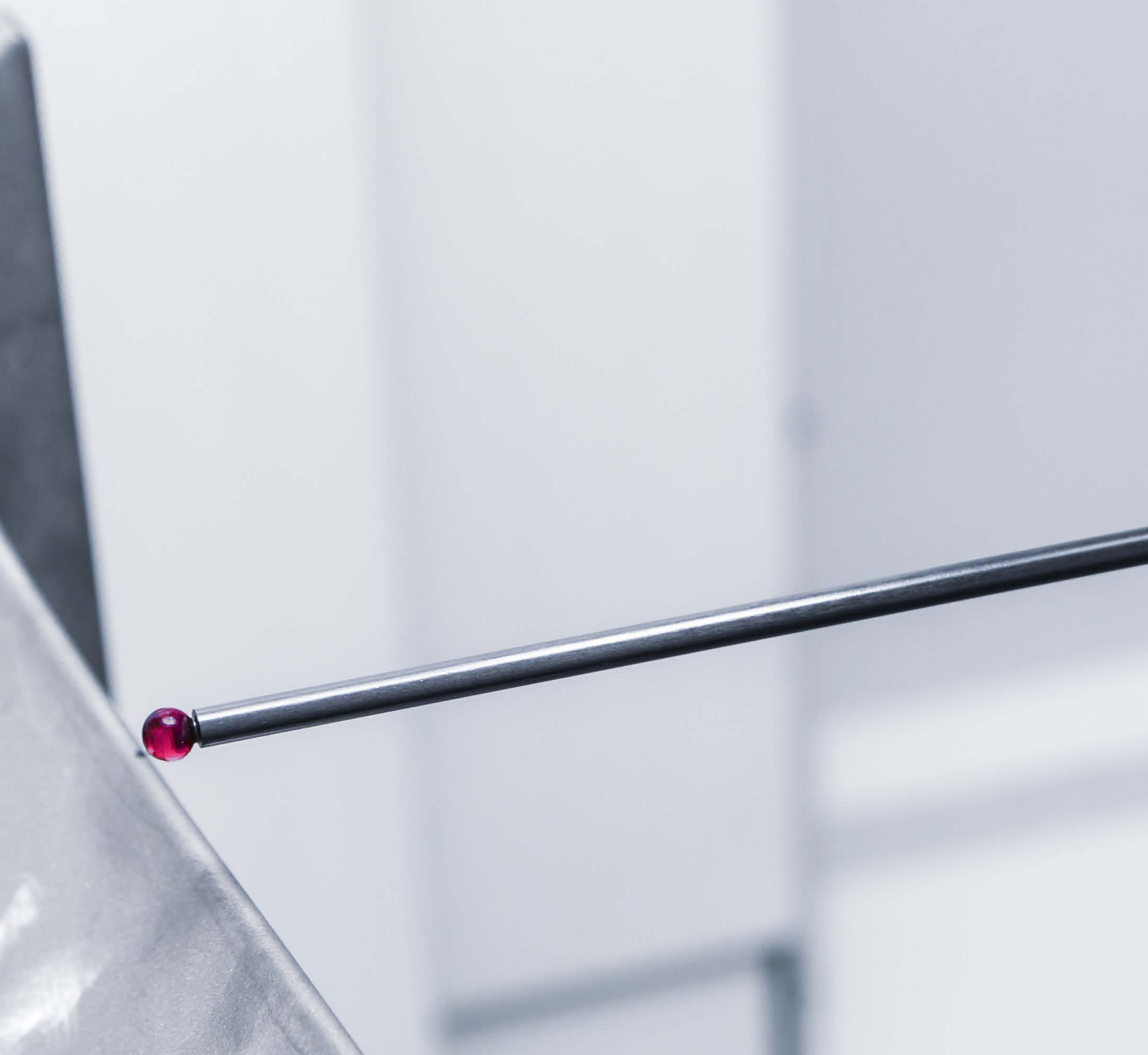
0042567

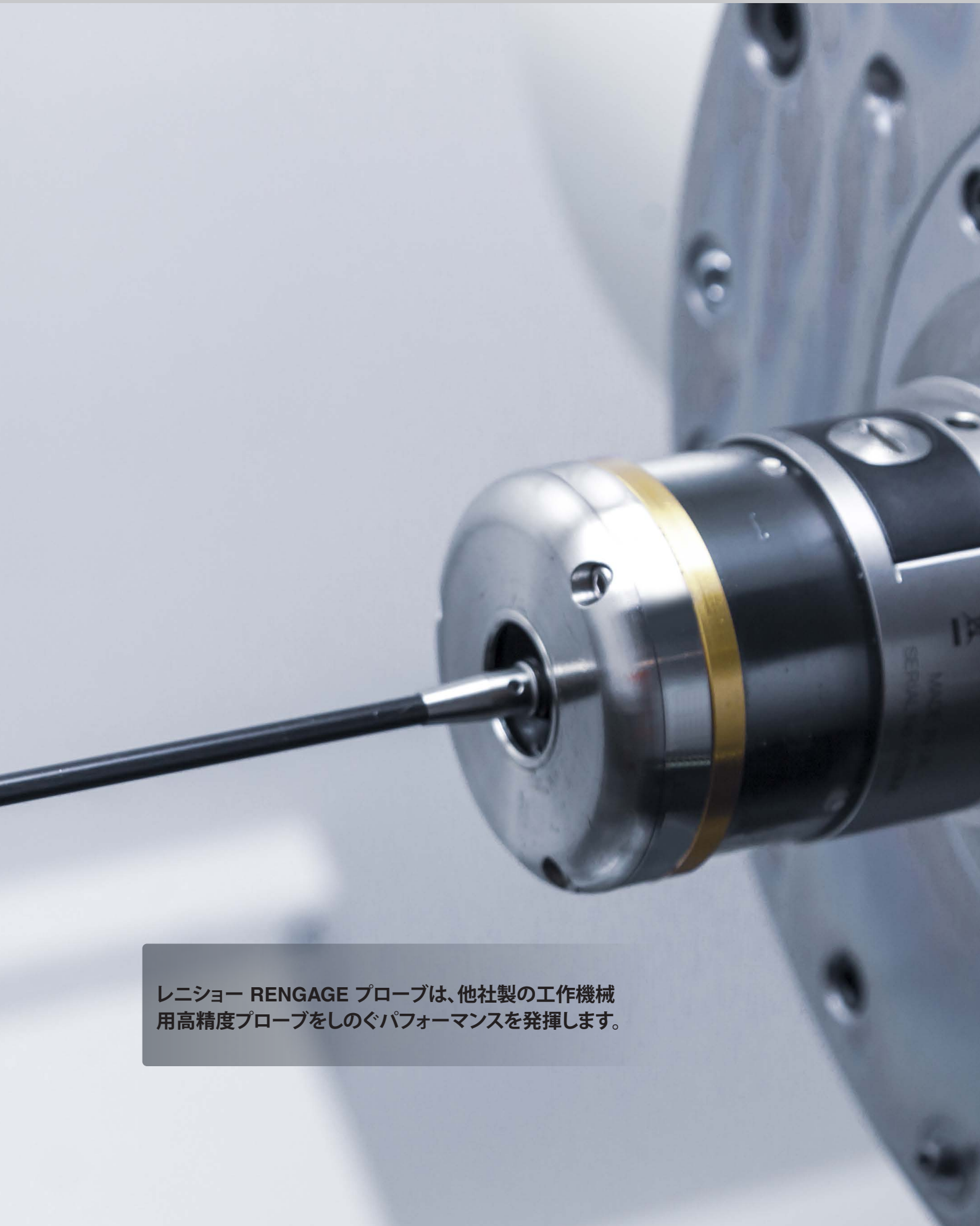
## 工作機械用プローブ計測技術の発展

レニショーは、1970年代に工作機械用タッチトリガープローブを発明しました。キネマティック抵抗方式を採用したこの画期的発明の成功により、寸法計測製品の設計、製造そしてサポートにおける世界トップ企業にまで成長できました。この設計原理は、パーツ芯出し、計測そしてプロセスコントロールにおける重要な役割を今なお果たしています。

当社は、数十年にわたる投資期間を経て、最高性能を誇る高品質製品の開発に至りました。本書では、RENGAGE™ プローブと従来型プローブとの比較、そして、実環境下でのテストに基づく RENGAGE 技術の優れたパフォーマンスについて解説します。

極めて高い 3D 計測精度とサブミクロンの繰り返し精度を誇る、RENGAGE 技術。そんな RENGAGE 技術を搭載するレニショープローブは、革新的な設計と優れた機能で、他社製の工作機械用高精度プローブをしのぐパフォーマンスを発揮します。





レニショー RENGAGE プロブは、他社製の工作機械  
用高精度プロブをしのぐパフォーマンスを発揮します。

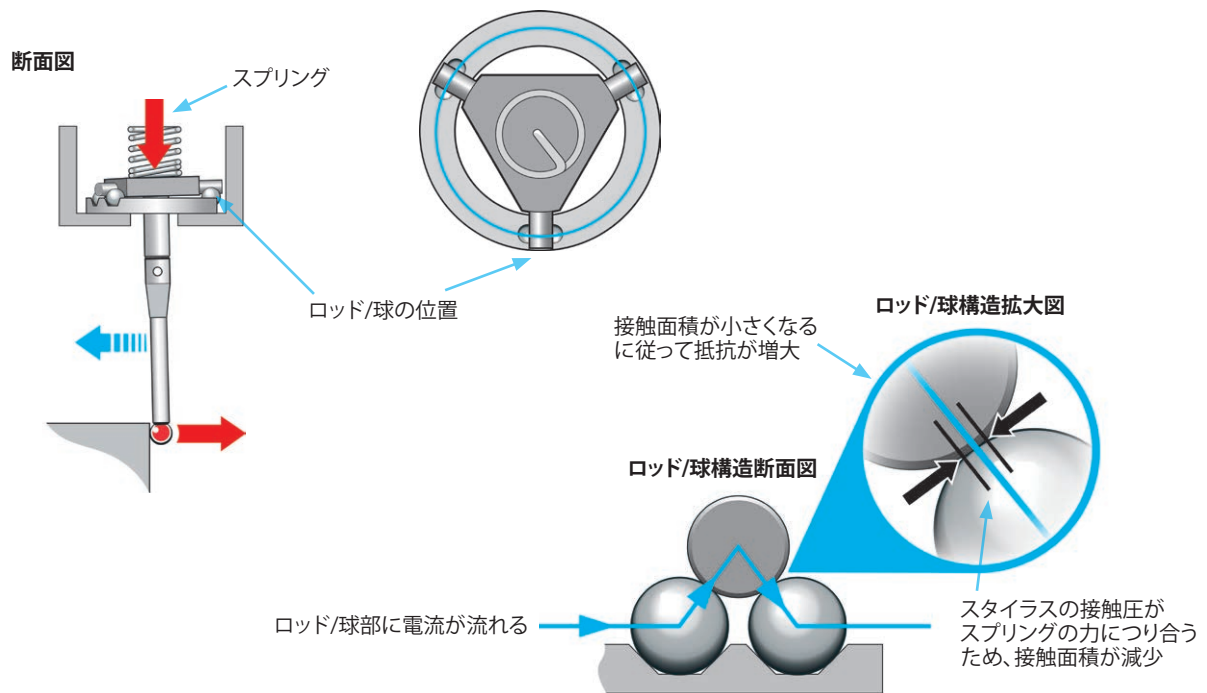
## 従来のプローブ技術

### キネマティック抵抗プローブ

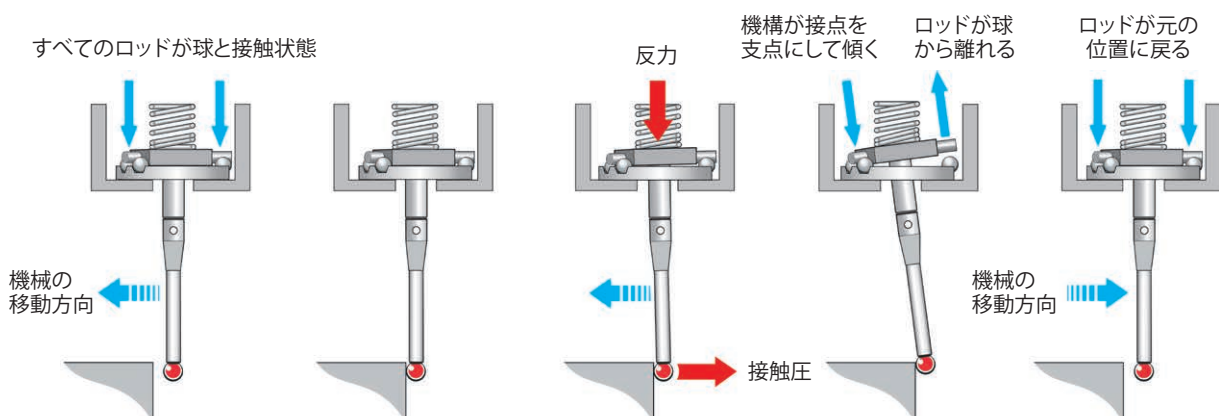
キネマティック抵抗プローブの内部では、3本のロッドが等間隔で6個の超硬球の上に載せられ6点の電気接点を形成しています。この球とロッド間には電流が流れます。

プローブスタイラスがワークに接触すると、スプリング式メカニズムによりスタイラスが変位します。ワークに接触した瞬間、スタイラスから伝わる力が球から離す方向にロッドを動かすため、ロッドと球の接触面積が小さくなり、電気抵抗値が上昇します。そして規定のしきい値に達すると、プローブがトリガーした状態になります。

スタイラスがワークから離れると、ロッドが  $1\mu\text{m}$  ( $2\sigma$ 値) 以内の精度で元の位置に戻ります (リシートします)。



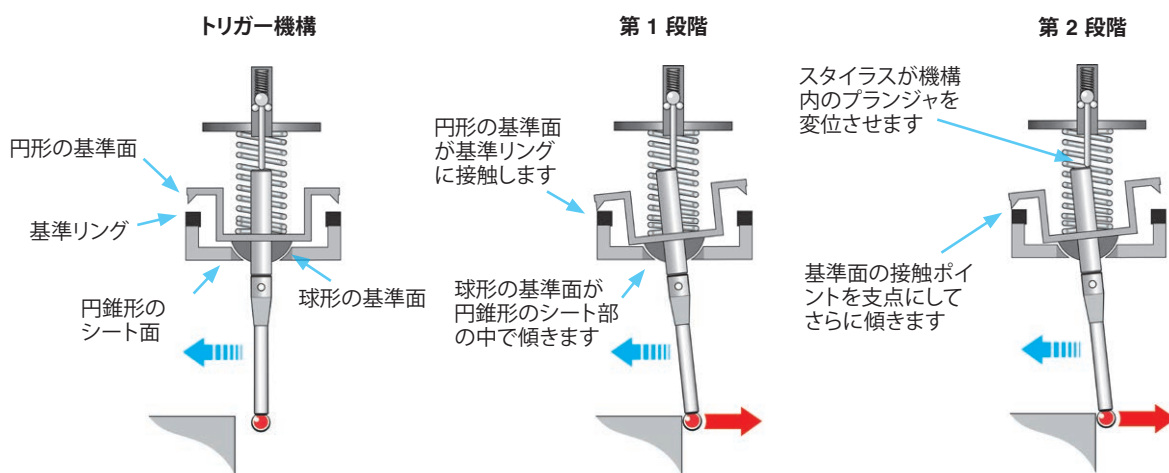
以下に、キネマティックプローブのトリガー時の様子を図示します。電気的トリガーと機械的リシートの繰り返し性の高さが、信頼性の高い計測の土台をなしています。





## その他のプローブ

一般的な機構として、他に球シートタイプやピボットタイプのプローブがあります。これらの機構は、理論上は XY 平面におけるトリガー圧力が一定です。しかし実際には、球の製造精度、円錐形シート面の精度、そしてその両者の関係が影響します。そのため、実質はトリガー圧力のばらつきが非常に大きくなります。



この設計の難点:

1. 球と円錐形のシート部に遊びがあるため、スタイラスの位置が不定です。また、機構そのものが回転することもあるため、スタースタイラスには不向きです。
2. 機構の自由運動が、プローブトリガー前にスタイラスを大きく変位させてしまうことが少なくありません。
3. 接触圧が強いと、ワークに跡が残ることがあります。

## プローブの方向特性

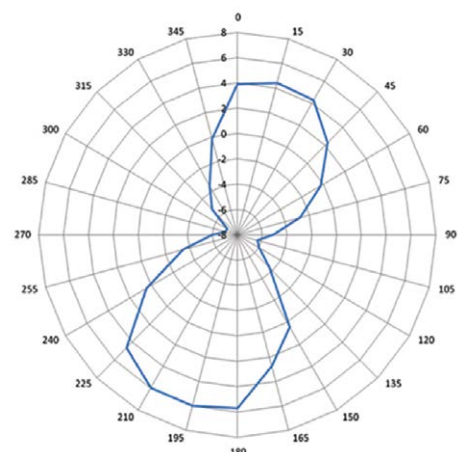
方向特性はすべてのプローブが持つ特性のひとつです。プローブが表面に接触後、その接触を認識する前の、スタイラスのたわみとプローブの内部機構の動きにより発生します。従って、方向特性は次の要因に依存します。

- ・ スタイラスの長さや剛性
- ・ プローブのトリガーに必要な圧力
- ・ 計測面との接触方向
- ・ プローブ機構の設計

そのため、すべてのプローブに方向特性が存在します。グラフにしてみると、右図のように不規則な形になります。

2 軸計測であれば、潜在的な誤差は比較的容易に補正可能です。しかし 3 軸計測になると、方向特性による誤差が大きく、補正が複雑になります。特に従来型プローブの場合で顕著です。

この誤差は重要な要素であり、3D 計測時の精度と繰り返し精度に悪影響を及ぼします。



例: 従来型の球シートタイププローブの方向特性 (X-Y)

## RENGAGE™ 技術

RENGAGE™ はレニショーが 10 年を超える期間をかけ開発し、特許を取得した技術です。実証済みのシリコン製ストレインゲージに超小型部品と精密設計が組み合わさり、極めて優れたパフォーマンスと機能を実現しています。この RENGAGE 技術を搭載するレニショーの MP250、OMP400、RMP400、OMP600 そして RMP600。工作機械で幅広く活用可能なプローブであり、他設計タイプの多くで見られる 3D 性能の限界を突破できるのは、このプローブです。

ストレインゲージが、緻密に設計されたリンクの上に配置されて、キネマティック機構とは独立したプローブ機構を構成します。そしてストレインゲージが全軸方向のひずみを検知し、そしてその出力が特許取得のアルゴリズムで電子処理されます。

いずれかの方向で抵抗のしきい値に到達すると、従来型プローブのトリガー出力時よりも格段に小さい圧力でトリガー信号が出力されます。





RENISHAW®  
RMP600


検出がプローブの機構から完全に切り離されているため、RENGAGE プローブには、低測定圧力、高繰り返し精度そして方向特性がない、といった特徴があります。これらは従来型のプローブ設計では普通実現できません。

RENGAGE 技術により、方向特性による誤差を最大で 90% 削減できます。

RENGAGE プローブを 2 軸計測に使用する際、重要な工程であるキャリブレーションを行う必要がありません。しかし RENGAGE プローブが真価を発揮するのは、3 軸計測時や入り組んだ形状の計測時です。このような計測時に RENGAGE プローブが唯一無二の機能を見せます。

RENGAGE プローブにも、スタイラスのリシートには当社のキネマティック機構が使われています。30 年以上にわたり実績を積み重ね続けているこの仕組みは、再現性の高いリシートを可能にするものであり、また高精度な計測の土台でもあります。





レニショーのエンジニアたちは、お客様のために開発された製品に、強いプライドを持っています。レニショーの製品が最高水準のパフォーマンスを発揮し、レニショーのシステムによる検査を経たお客様の製品もまた最高品質となることが、重要です。



## RENGAGE™ 技術のベンチマーク

レニショーのエンジニアたちは、お客様のために開発された製品に、強いプライドを持っています。レニショーの製品が最高水準のパフォーマンスを発揮し、レニショーのシステムによる検査を経たお客様の製品もまた最高品質となることが、重要です。

工作機械用 RENGAGE™ 高精度プローブのパフォーマンスは、他を寄せ付けないほど高い、とレニショーは宣言します。レニショーの企業文化には、イノベーションの精神と同じくらい主要なこととして、透明性があります。そこでこの宣言が間違いないことを確かめるために、当社にて OMP400 プローブと 5 個の他社製タッチトリガープローブ A~E を比較テストしました。この他社製プローブは、従来型プローブの低測定圧力バージョンや高精度用の特殊設計プローブです。

各プローブのパフォーマンスを正確に評価するために、必要に応じてドウェルを増加させたりテストを繰り返したりして、徹底したテストプログラムを各プローブで実行し、パフォーマンスを比較できる結果を取得しました。

## プローブパフォーマンスのテスト

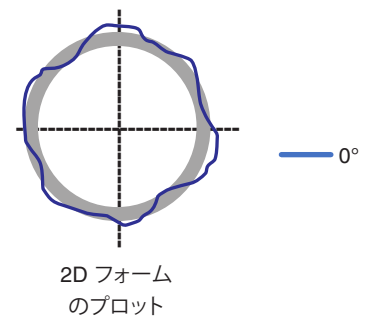
テスト対象プローブのパフォーマンスの比較には、一貫した測定基準が必要です。基準として、高精度なコンポーネントの生産にとって極めて重要な要素である、2D フォーム誤差、3D フォーム誤差そして繰り返し精度を採用しました。

### 2D パフォーマンス

2D パフォーマンスは、2D 形状のフォーム誤差を検出することで評価しました。

このテストでは、校正済みの球の半径を赤道上でタッチ計測しました。算出した最小半径と最大半径の誤差が 2D フォーム誤差です。

球の寸法が正確に把握できているとすれば、フォーム誤差はプローブに起因することになります。プローブの 2D フォーム誤差が小さいほど、2D パフォーマンスが高いと言えます。



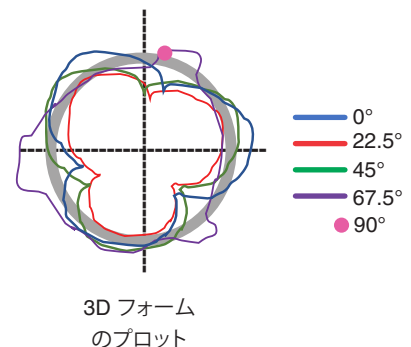
### 3D パフォーマンス

多軸加工が一般的な現在、3D 計測パフォーマンスが重要度を一層増しています。

3D パフォーマンスは、ある形状の X、Y および Z 方向の寸法のフォーム誤差を検出することで評価しました。3D フォーム誤差の値が小さいほど、プローブの 3D パフォーマンスが高いと言えます。

3D フォーム誤差のテストでは、校正済みの球を、4 種類の高さと極点でタッチ計測して半径を算出しました。

算出した最小半径と最大半径の誤差が 3D フォーム誤差です。



### 繰り返し精度

このテストでの繰り返し精度とは、プローブが同じ条件で同じ計測値をどの程度繰り返し出力できるかを指します。プローブのデータシートによく記載されている基準です。値が低いほど、繰り返し精度が優れます。

繰り返し精度と精度は別のものです。精度は、計測値が真の値にどれほど近いのかを指します。



繰り返し精度は高いが  
精度は高くない計測値

パフォーマンステストでは、 $\varnothing 25\text{mm}$  の校正済みの球を複数の角度、送り速度、スタイラスで計測し、2D フォーム誤差、3D フォーム誤差および繰り返し精度を算出しました。

なお、テストは、ベストプラクティスである ISO 230-10 に従っています。使用した機械は、中精度、中価格帯の 3 軸立形マシニングセンター (コントローラ:Siemens 828D) です。

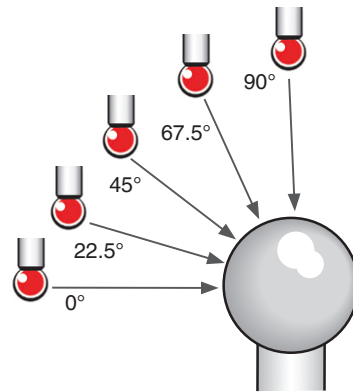
テストの各設定を下記に示します。

## 球の計測点

計測点数は、 $0^\circ$ 、 $22.5^\circ$ 、 $45^\circ$ および  $67.5^\circ$ それぞれで法線方向に 145 点 ( $2.5^\circ$ 間隔) です。球の極点でも 1 点を計測しました。

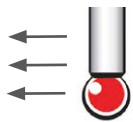
2D フォーム誤差の算出には  $0^\circ$ の計測点を、3D フォーム誤差の算出には全点を使用しました。

繰り返し精度は、各点を 25 回計測し算出しました。

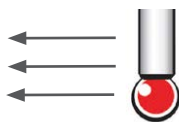


## 送り速度

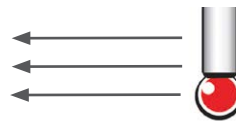
テストで使用した送り速度は  $30\text{mm/min}$ 、 $600\text{mm/min}$  および  $2000\text{mm/min}$  です。



$30\text{mm/min}$



$600\text{mm/min}$



$2000\text{mm/min}$

## スタイラスの長さ

プローブのスタイラスとしては、最初に  $50\text{mm}$  のものを、次に  $200\text{mm}$  のものを使用しました。どちらのスタイラスでも、規定の送り速度それぞれで球の規定の計測点を計測しました。

テスト対象のプローブのいずれも、 $50\text{mm}$  のスタイラスを使用できる仕様です。ただし、OMP400 とプローブ A のみ、 $200\text{mm}$  スタイラスが推奨されています。 $200\text{mm}$  スタイラスは、RENGAGE™ プローブに推奨されるスタイラスの中で最長のスタイラスです。



$50\text{mm}$



$200\text{mm}$

## 実環境に近い加工条件

テストはすべてクーラント環境下で行いました。実際の加工時の条件を再現するため、球をクーラントで濡らしました。



## 性能比較テストの結果

RENGAGE™ 技術実装の OMP400 プローブが、2D フォーム誤差、3D フォーム誤差および繰り返し精度のすべての点で、他のプローブよりも優れているという結果になりました。

テスト対象とした RENGAGE プローブは OMP400 だけですが、設計要素は RENGAGE プローブ全体で共通のため、RENGAGE 技術実装の高精度プローブすべてに言える結果です。

OMP400 と市場にある他プローブの性能が近い結果となるテストもありますが、テスト結果を総じて見ると、RENGAGE 技術を搭載したレニショープローブのみが一貫して高いレベルでのパフォーマンスを発揮しています。

速い送り速度で、プリズマティック形状の計測でも自由曲面の計測でも、またスタイラスが長くても短くても、どんな条件でも圧倒的なパフォーマンスを発揮するレニショーの RENGAGE 技術搭載工作機械用プローブは、疑問の余地のない、実績を残してきた選択です。

**RENISHAW**   
**OMP400**

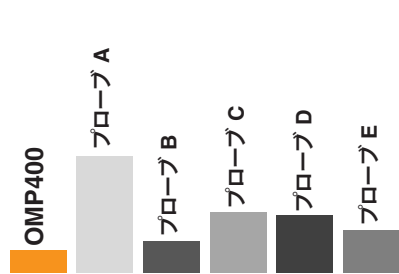
**RENGAGE™** 3D technology



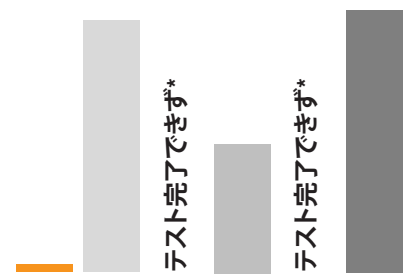
SERIAL No. 7T4991

RENGAGE™ 技術実装の OMP400 プローブが、2D フォーム誤差、3D フォーム誤差および繰り返し精度のすべての点で、他のプローブよりも優れているという結果になりました。

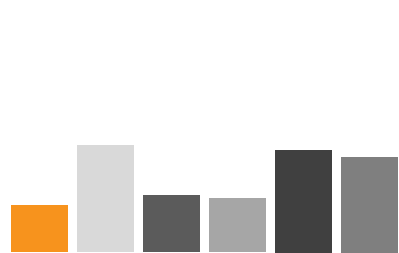
## 2D フォーム誤差



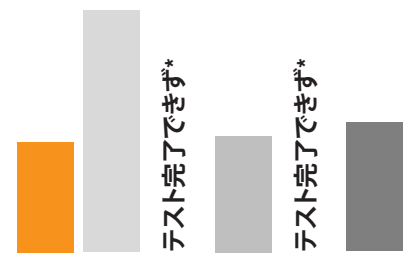
2D フォーム誤差の比較  
(送り速度: 30mm/min、スタイラス長: 50mm)



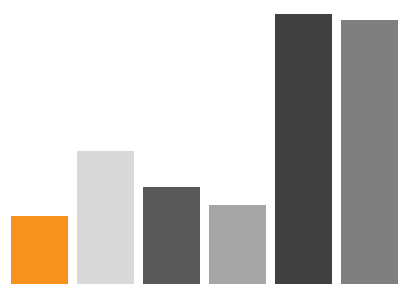
2D フォーム誤差の比較  
(送り速度: 30mm/min、スタイラス長: 200mm)



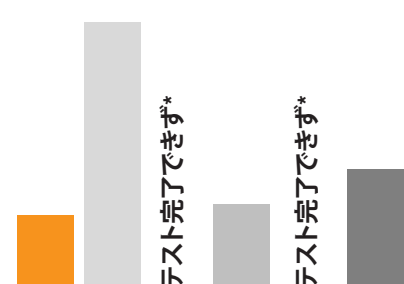
2D フォーム誤差の比較  
(送り速度: 600mm/min、スタイラス長: 50mm)



2D フォーム誤差の比較  
(送り速度: 600mm/min、スタイラス長: 200mm)



2D フォーム誤差の比較  
(送り速度: 2000mm/min、スタイラス長: 50mm)



2D フォーム誤差の比較  
(送り速度: 2000mm/min、スタイラス長: 200mm)

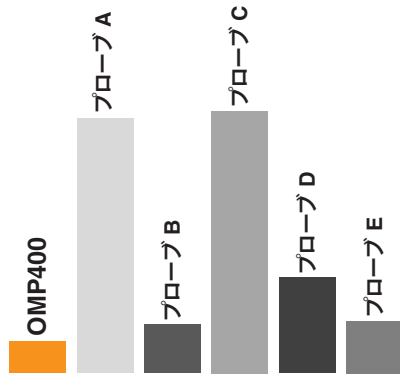
\*プローブ B および D は、200mm のスタイラスでテストを完了できませんでした。なお、どちらのプローブも 200mm スタイラスで機能する仕様ではありません。



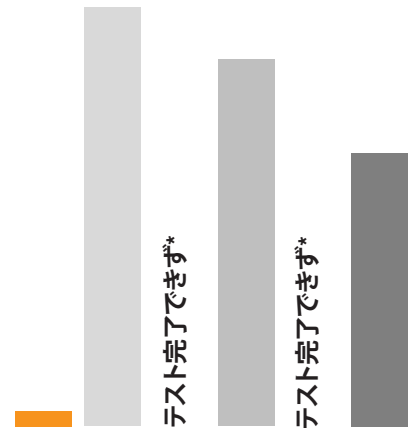


RENGAGE™ 技術搭載のレニショー OMP400  
プローブが、すべての送り速度で、また 50mm  
と 200mm 両方のスタイラス長で、最も小さい  
2D フォーム誤差を記録しました。

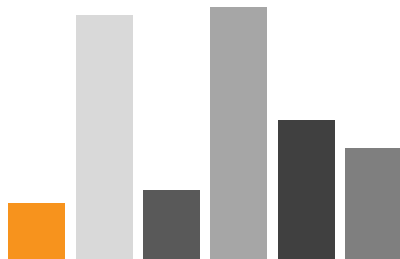
## 3D フォーム誤差



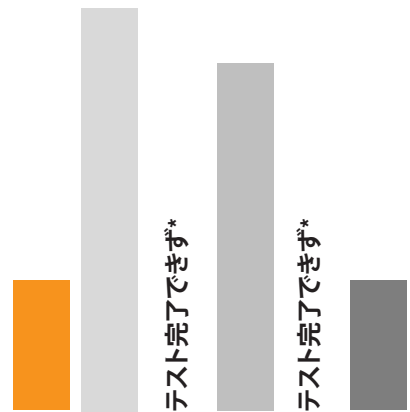
3D フォーム誤差の比較  
(送り速度: 30mm/min、スタイラス長: 50mm)



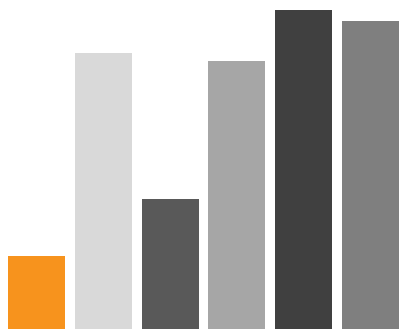
3D フォーム誤差の比較  
(送り速度: 30mm/min、スタイラス長: 200mm)



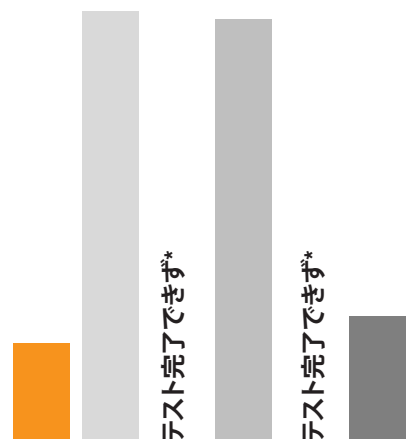
3D フォーム誤差の比較  
(送り速度: 600mm/min、スタイラス長: 50mm)



3D フォーム誤差の比較  
(送り速度: 600mm/min、スタイラス長: 200mm)



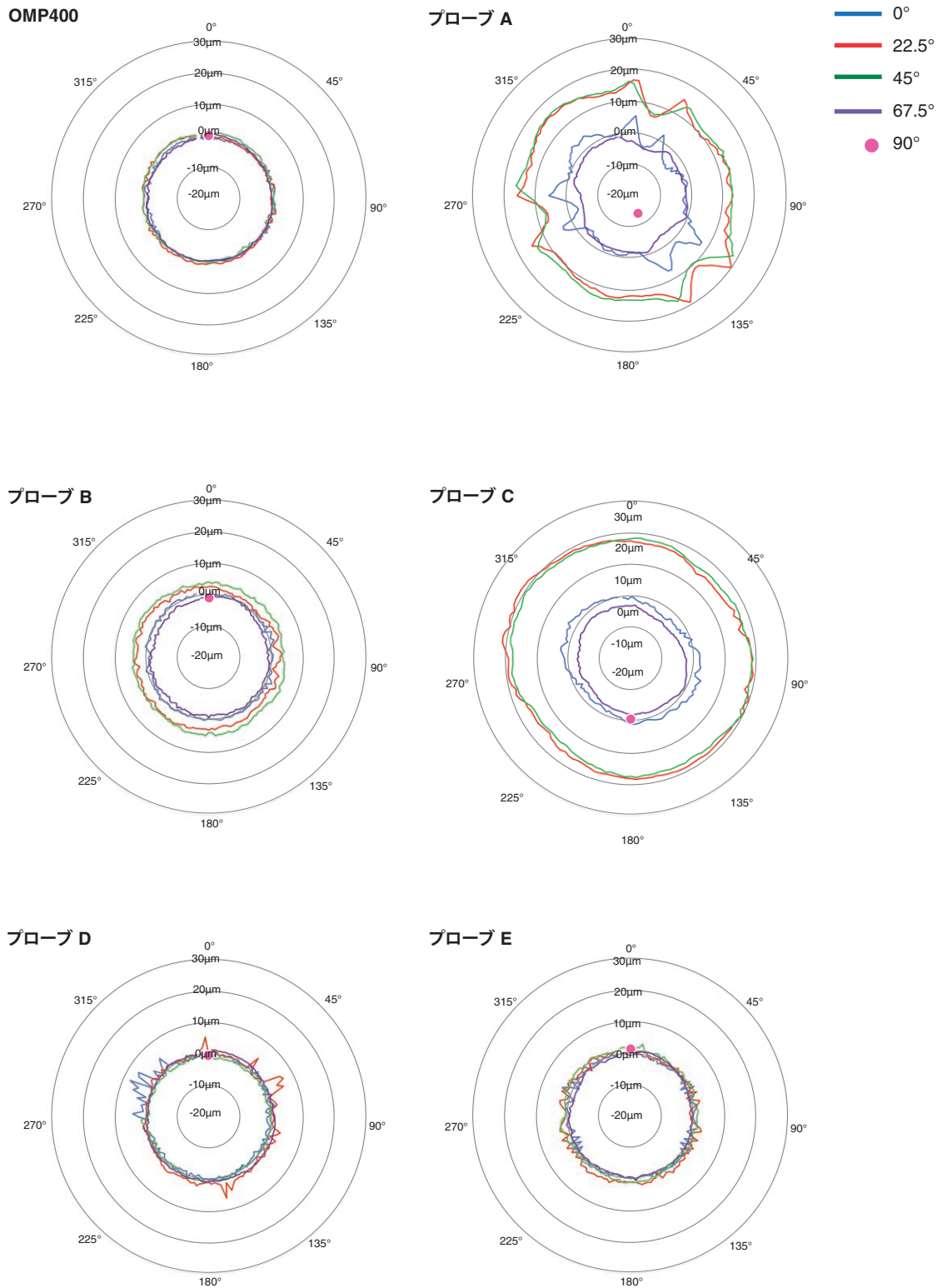
3D フォーム誤差の比較  
(送り速度: 2000mm/min、スタイラス長: 50mm)



3D フォーム誤差の比較  
(送り速度: 2000mm/min、スタイラス長: 200mm)

\*プローブ B および D は、200mm のスタイラスでテストを完了できませんでした。なお、どちらのプローブも 200mm スタイラスで機能する仕様ではありません。

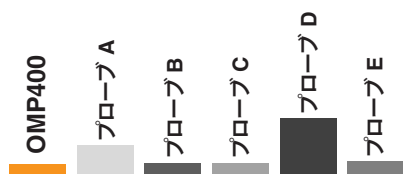
RENGAGE™ 技術搭載のレニショー OMP400 プローブが、すべての送り速度で、また 50mm と 200mm 両方のスタイラス長で、最も小さい 3D フォーム誤差を記録しました。



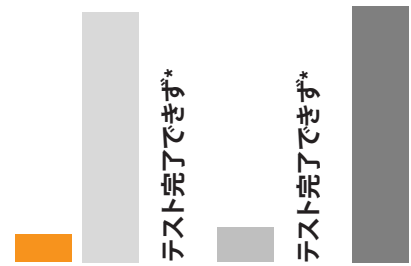


## 繰り返し精度

RENGAGE™ 技術搭載のレニショー OMP400 プローブが、すべての送り速度で、また 50mm と 200mm 両方のスタイラス長で、他のプローブ以上の繰り返し精度を記録しました。



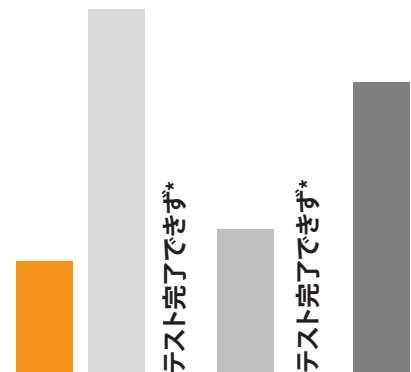
繰り返し精度の比較  
 (送り速度: 30mm/min、スタイラス長: 50mm)



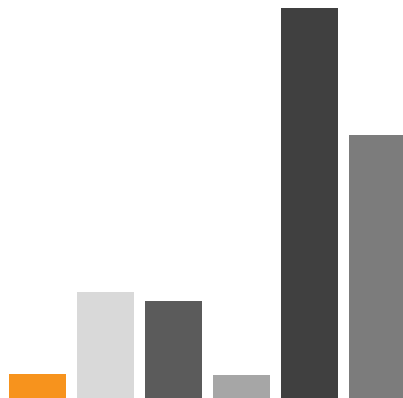
繰り返し精度の比較  
 (送り速度: 30mm/min、スタイラス長: 200mm)



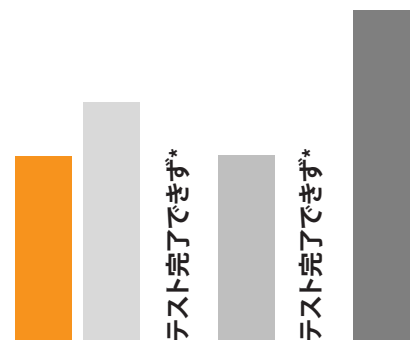
繰り返し精度の比較  
 (送り速度: 600mm/min、スタイラス長: 50mm)



繰り返し精度の比較  
 (送り速度: 600mm/min、スタイラス長: 200mm)



繰り返し精度の比較  
 (送り速度: 2000mm/min、スタイラス長: 50mm)

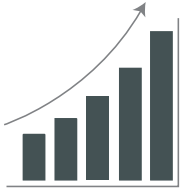


繰り返し精度の比較  
 (送り速度: 2000mm/min、スタイラス長: 200mm)

\*プローブ B および D は、200mm のスタイラスでテストを完了できませんでした。なお、どちらのプローブも 200mm スタイラスで機能する仕様ではありません。

## プローブ計測の高い導入効果

切削工程を最適化



パーツ加工の「right first time  
(最初から合格品)」を実現

スクラップとコストを削減



手作業に比べてパーツ芯出し時  
間を最大 10 分の 1 に短縮

時間と費用を節約



確実かつ正確に、より多くのパーツを製造

// 当社製品の現在のそしてこれからの性能要求を十分に満たしていくには、より小さいサイズの、常に誤差 1µm 以内に収まる精巧なパーツが必要不可欠でした。この工程では従って、信頼性のある芯出しや計測作業が極めて重要であり、これが RENGAGE™ 技術を採用する決定の根拠となっています

Flann Microwave 社 (英国)

## レニショーの強み



レニショーは世界各地に存在する 70 以上のサービス・サポート拠点のネットワークを介して強力なサポートを提供しており、お客様からご好評をいただいています。

技術支援



世界中のお客様に技術支援を行っています。

サポートとアップグレード



各ニーズに合わせた各種サポート契約を提供しています。

トレーニング



標準トレーニングや要望に合わせたカスタムトレーニングを提供しています。

予備品とアクセサリ



オンラインでも予備品やアクセサリを購入いただけます。また、レニショー製パーツについての見積り依頼は、常時受け付けております。

## レニショーについて

レニショーは、製品開発と製造における技術革新では確固たる実績を伴って、エンジニアリング技術のグローバルリーダーとしてその地位を確立してきました。1973年の創業以来一貫して、生産工程に生産性の向上を、製品に品質向上をもたらし、コスト効率の高い自動化ソリューションを実現する最先端の製品を提供しております。

世界各国のレニショー現地法人および販売代理店のネットワークを通して、群を抜く優れたサービスとサポートをお客様に提供いたします。

### 取扱い製品:

- 設計・試作・製造に使用する積層造形技術、真空鋳造技術
- 歯科技工用 CAD/CAM のスキャニングシステムおよび歯科技工・補綴製品
- 高精度の位置、角度、回転位置決めフィードバックを提供するエンコーダシステム
- 三次元測定機およびゲー징システム用治具
- 量産部品を比較計測するゲー징システム
- 極限の過酷な環境でも使用可能な高速レーザー測定・測量システム
- 工作機械の性能測定およびキャリブレーション用レーザーシステムとボールバーシステム
- 脳神経外科用医療機器製品
- CNC 工作機械での段取り・芯出し、工具計測、寸法計測用プローブシステムおよびソフトウェア
- 非破壊方式の素材分析用ラマン分光分析システム
- 三次元測定機用の測定センサーシステムおよびソフトウェア
- 三次元測定機および工作機械プローブ計測用各種スタイラス

世界各国でのレニショーネットワークについては、Web サイトをご覧ください。[www.renishaw.jp/contact](http://www.renishaw.jp/contact)



レニショーでは、本書作成にあたり、細心の注意を払っておりますが、誤記等により発生するいかなる損害の責任を負うものではありません。

© 2020 Renishaw plc 無断転用禁止

仕様は予告無く変更される場合があります。

RENISHAW および RENISHAW ロゴに使用されているプローブシンボルは、英国およびその他の国における Renishaw plc の登録商標です。

apply innovation ならびにレニショー製品および技術の商品名および名称は、Renishaw plc およびその子会社の商標です。

本文書内で使用されているその他のブランド名、製品名は全て各々のオーナーの商品名、標準、商標、または登録商標です。



H - 2000 - 3637 - 02

パーツ No.: H-2000-3637-02-A  
発行:2020年9月