

TECHNO NEWS

滋賀県東北部工業技術センター
テクノニュース
Vol.78-2023/2

目次

- P1 **事業紹介**
ポストコロナにおける生産現場の製造自動化支援事業
- P4 **センター活用法**
耐キャビバタの開発
- P6 **技術解説**
熱分析のいろは（TMA測定）
- P8 **お知らせ**
計測装置の寄付
「Yasa Silk」の事業化

事業紹介

ポストコロナにおける生産現場の製造自動化支援事業

■事業内容

ポストコロナの時代に向けてロボットなどの情報通信・自動化技術の活用による製造・検査・出荷各工程の省力化、遠隔監視の利用拡大によるオンライン化への対応の必要性は一層高まっており、県内製造業が競争力を維持・発展させるためにはこれらへの対応は不可欠となります。

しかし単純にそれらのシステムを導入するだけで十分なメリットを得ることは困難です。情報通信・自動化システムを導入して十分なメリットを得るには適切な仕様の作成と効果的な運用を行うことが重要となります。

そのためには自社の製造プロセスを熟知し、なおかつ情報通信・自動化技術に関する知見をもつ人材が必要になります。しかし情報通信・自動化技術に関する知見やそれ



を取り扱う人材を自社で保有しておらず、また自社での育成が困難な企業も多くおられます。

そこで本事業では県内製造業の情報通信・自動化技術の普及とデジタル人材の育成により、ポストコロナに向けた県内製造業の競争力の維持・向上の支援を目的として以下の3つについて取り組んでいます。

【事業内容】

① 研究開発

ロボット、情報通信技術を用いた生産現場の自動化に関する研究開発を実施しています。

② 講習会の開催

情報通信・自動化技術に関する講習会を開催しています。今年度は令和4年10月4日に「技術普及講習会 精密測定(座標測定)の概要と実演」というテーマで講習会を開催しました。今後も様々なテーマを予定しております。是非ご参加ください。

③ 共同研究の実施

情報通信・自動化技術に関する企業が抱える課題について共同研究を通じて一緒に解決することで、各企業でのより実践的な情報通信・自動化技術の蓄積や人材育成の支援を行っていきます。

今回は、事業内容のうち、センターで行っている研究開発の内容について紹介いたします。

研究背景

製造業の情報通信・自動化を進める代表的な方法の一つがロボットを活用した製造プロセスの自動化です。ロボットは専用機械に比べ汎用性は高いものの、その動作は事前にプログラムする必要があります。小ロット・多品種生産が進んでいる中小企業では、生産品種や生産状況の変更の度にロボットのプログラムを行う必要があり十分なメリットを得ることが難しくなっています。

そこで本研究では小ロット・多品種生産への対応可能なロボットとして、複数種類のワークを画像認識してピック&プレースを自動的に行うシステムの開発を目指します。

本報告では基礎的な検討としてロボット手首部に取り付けられた単眼カメラで撮影した画像を用いてワークに対する掴み位置・掴み方向の画像認識を行うプログラムについての検討結果について紹介いたします。

研究内容

始めに本研究に使用する産業用ロボット (UR5e、Universal Robots製) の外観について図2に示します。



図2 産業用ロボット(UR5e)

UR5eの主な仕様を表1に示します。

表1 産業用ロボット仕様

型式	UR5e
メーカー	Universal Robots
可搬重量	5kg
リーチ	850mm
自由度	6軸(ジョイント)
位置繰返し精度	±0.03mm(荷重負荷状態で測定、ISO9283に準拠)
標準TCP速度	1メートル/秒

センターで導入したUR5eには手首に単眼カメラ (Wrist Camera、Robotiq製) が取り付けられており、これでRGB画像を撮影します。こちらの主な仕様を表2に示します。

表2 カメラ仕様

型式	WristaCamera
メーカー	Robotiq
センサーおよび光学仕様	5MPカラーセンサー 電子的に焦点調整(70mm ~ ∞)
ライト内蔵	2ユニット(拡散白色LED)
重量	160g

また今回の研究ではカメラで撮影した画像に対して画像処理や画像認識を行う必要があります。実際の現場へのアプリケーションを想定し、可能な限りこれらの処理時間を短くするため、今回のシステムではワークステーションを利用、画像処理・画像認識をこちらで行わせることにしました。ワークステーションの主な仕様を表3に示します。

表3 ワークステーション仕様

モデル型式	HPC-X11SWS-3323
メーカー	HPCシステムズ(株)
CPU	種類: Intel Xeon Silver 4215(2.5GHz, 8コア/16スレッド) 搭載数: 2
チップセット	インテル C621
メモリ	32GB(8GB DDR4-2933 4枚)
ストレージ	SSD 480GB DC S4510 Series intel (TLC)
GPU	種類: GeForce RTX 2080Ti 搭載数: 4
OS	Ubuntu 18.04LTS

ロボットでピック&プレースを行うのに必要な情報としては対象の位置と姿勢になります。本研究で用いる単眼カメラ (Wrist Camera、Robotiq製) では画像から奥行き方向の情報を得ることは困難であり、ピック&プレース動作はワークを掴ませる高さは一定で、ワーク直上からアプローチを行います。また画像認識用に取得する画像はワークの配置面直上から撮影した画像に対して画像認識を行います。上記条件のもと、ロボットでワークを掴ませるために必要な情報は図3のように掴み位置と掴み方向の2つが考えられます。

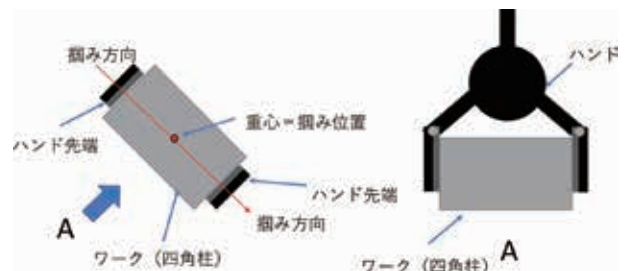


図3 掴み位置・掴み方向イメージ

今回、掴み位置はワークが最も安定する重心、掴み方

向は持ち上げたときにワークが回転しにくい長手方向とします。テスト用画像として図4に示す黄色の背景上に金属製ブロックを配置し、適当な高さからロボットのカメラで撮影したものを使用し、重心と長手方向を画像認識で計算するプログラムを作成しました。

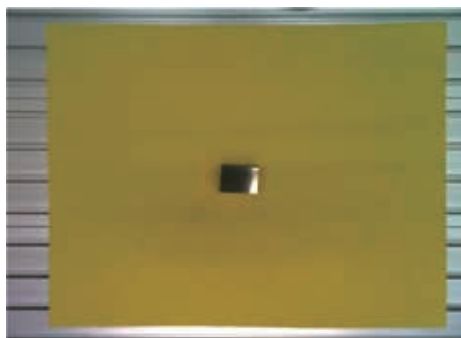


図4 テスト用画像

重心等を計算するには画像において背景とワークを切り分ける必要があります。今回は基本的な方法の一つである二値化処理を用います。二値化処理はグレースケール画像に対して、しきい値を決めて、それよりも画素値が高い場合を白、低い場合を黒に変換する処理となっています。このとき、しきい値の決め方が重要となります。様々な手法が提案されていますが、今回は未知の画像にも適用可能な判別分析法を用いることとしました。

次に実際に二値化を行う画像について検討を行いました。テスト画像をHSV画像(色相・彩度・明度)に変換し、それぞれのグレースケール画像に対して判別分析法を用いて二値化処理を行ったところ図5のような結果となりました。

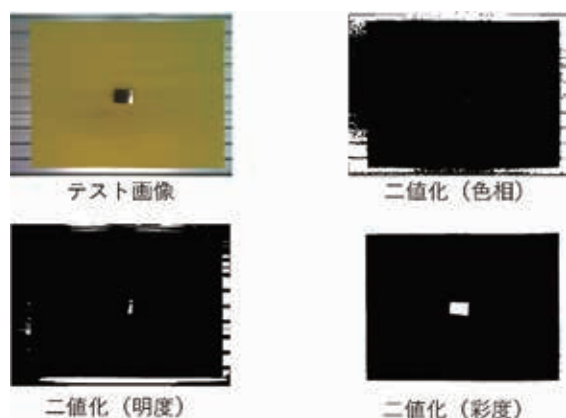


図5 二値化処理結果

色相、明度に関してはほとんど背景と分離ができていませんが彩度に関しては比較的きれいに分離ができています。そこでワークの抽出には彩度画像に対する二値化処理を用いることとします。

これらの検討内容を活用し、以下のようなプログラムを作成しました。

1. 画像をRGBからHSVに変換
2. 画像から彩度を抽出
3. 判別分析法を用いて二値化処理
4. 画像の外側の不要な領域を削除
5. 画像内の小さな領域を削除
6. 抽出した形状に対して重心と領域と同じ二次モーメントを持つ楕円長軸の角度を計算

4や5の処理はテスト画像での黄色の背景の外側や二値化時に発生したノイズ的な微小領域等による誤検出を防止するために行っています。また6の領域と同じ二次モーメントを持つ楕円長軸の角度は領域の形状特徴パラメータの一つであり、長手方向を表すものの一つとなっています。

作成したプログラムにより実際にプログラムをテスト画像に対して実行し、計算結果をテスト画像と重ね合わせたものを図6に示します。

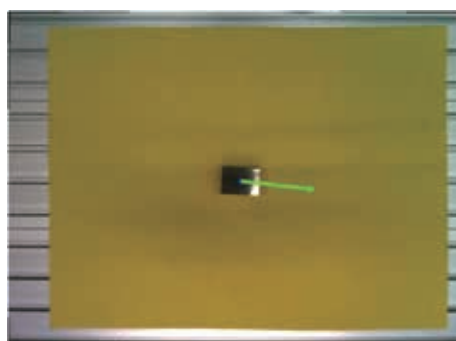


図6 プログラム実行結果

結果の画像では緑の線のワーク中心付近の端点が重心、線の向きがワークの長手方向となっています。プログラムによりこれらの計算ができていますことが確認できます。二値化によるワーク形状の抽出精度の影響で少し長手方向の計算結果がワークに対してずれが見られますが、実際にピッキングを行う際には問題無い程度と予想されます。

最後に

本研究の内容につきましてご興味をお持ちの方はご連絡いただければ幸いです。またポストコロナにおける生産現場の製造自動化支援事業では情報通信・自動化に関する技術相談や共同研究の対応も行っておりますので、情報通信・自動化技術に関する課題等をお持ちでしたらご相談ください。

問い合わせ

(彦根庁舎) 間瀬 TEL 0749-22-2325

株式会社清水合金製作所

キャビテーションの抑制 と高精度な流量調整を 両立！ 「耐キャビバタ」 の開発

センターでは、企業との技術課題の解決や製品開発のため企業や大学との共同研究を実施しています。今回、センターと大阪産業大学との共同研究から製品開発や特許取得に至られた株式会社清水合金製作所の千野一広様と高木秀是様に新製品開発の経緯についてお話を伺いました。

御社の業務内容は？

弊社は昭和22年に、砲金※鋳物業の「清水合金鋳造所」として創業し、バルブ部品の製造を行っていました。昭和32年に「清水合金製作所」と改称し、日本水道協会の検査工場として受検を開始しました。現在では、水道用バルブを主軸に多様な口径やバルブを製造販売しており、日本水道協会水道用品検査数の受検台数の割合では国内トップシェアを保持しています。バルブ以外にも可搬式浄水装置「アクアレスキュー」を開発するなど水道事業の発展に努めてまいりました。

※砲金：青銅系(銅・すず・亜鉛・鉛)の銅合金。

「耐キャビバタ」開発の経緯は？

弊社はこれまで、水道の管路系バルブを得意分野としていましたが、浄水場等の施設向けの制御系バルブに要求される性能が高まる傾向があり、その要望に応えていきたいと考え、新製品の開発を始めました。注目したのはバタフライバルブです。バタフライバルブは開度を変えることで流量の制御が可能なバルブで、水道用途でも多用されています。

しかし、バタフライバルブでは全開から全閉の間の中間



図1 耐キャビバタ

開度でキャビテーション※が発生します。このキャビテーションが酷くなると騒音や配管系の故障につながってしまうことが問題でした。すでに様々な対策がとられたバタフライバルブが開発されていましたが、キャビテーション抑制と高精度な流量制御の両立が求められていました。

しかし、開発にあたっては弁体の形状やその試作をどのようにすれば良いかがわからず、また、これまでキャビテーションの発生は目視で確認していましたが、そもそも「キャビテーションとは何か」ということを数値的、定量的に評価する手法が無いことも課題でした。

※キャビテーション：流体中の圧力差によって短時間に気泡の発生と消滅が発生する現象。

開発でセンターをどのように利用？

弊社はセンターとの距離が近く、これまでも分析や計測、講習会のほか共同研究でも利用していました。

今回のテーマもセンターに相談したところ、大阪産業大学の小川和彦先生をご紹介いただき、3者で共同研究を行うことになりました。

共同研究ではキャビテーション現象を数値化し、相関解析を行うことで、キャビテーションの評価手法の検討を進めました。これにより、どの程度キャビテーションが発

生したら問題になるかといった基準を確立することができました。また、流体シミュレーションでキャビテーション抑制効果を検証する技術もできるなど、多くの成果が得られました。弊社でも流体シミュレーションができるように技術者への指導をお願いしており、実試験が困難な大口径のバルブへの適用評価に期待しているところです。さらに、3Dプリンターで試作弁体を作製いただきバルブ性能試験機で実際に評価できたことも研究の加速化につながりました。

2019年にプレス発表、2021年に販売開始、2022年には特許が登録されました。

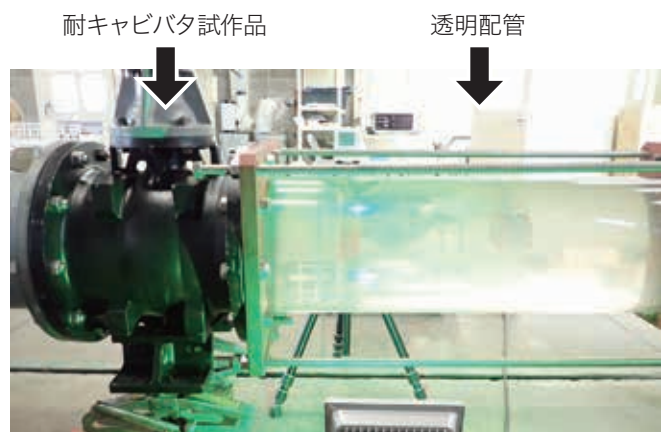


図2 当センターのバルブ性能試験機によるキャビテーション評価の様子



(左) 開発設計課 千野 一広 氏
(右) 開発設計課 高木 秀是 氏

センターを利用される企業の方々にひとこと

今回の開発にあたりどのように研究を進めればいいのか悩んでいたのですが、センターに相談し、キャビテーション現象を理解するところから始まり、設計→試作→評価のプロセスの中で助言をいただき、新製品の開発にいたしました。センターは多種多様な設備、県内外に技術的ネットワークをもっておられるので少しでも疑問に思っていることがあればまずは相談されてみてはどうでしょうか。親身に相談にのっていただけるので、技術の蓄積に役立つと思います。

「耐キャビバタ」の特徴は？

開発した「耐キャビバタ」の最大の特徴は、弁体構造にあります。弁体両面に平行に並ぶフィン状の整流板は、気泡同士の干渉を防ぎ、キャビテーションの成長を抑制します。また外周部の球面形状は低開度からの流量制御性能を高めています。このフィン状の整流板を弁体の両面に設けたことで、水の流れ方向が変わっても制御が可能となりました。

こうした施設向けの製品は顧客の信頼を得るまでに時間がかかります。コロナ禍もあり、販路開拓に苦勞をしましたが、新聞紙上での特集記事企画や営業スタッフの努力が実を結び、今年度よりコンスタントに出荷できるようになりました。

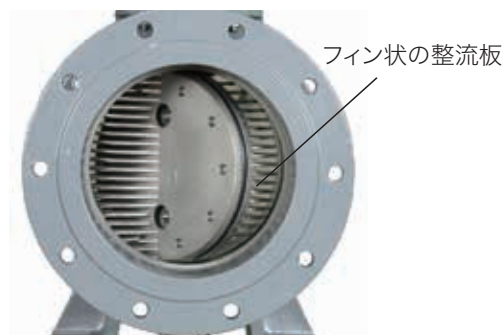


図3 耐キャビバタ側面

株式会社清水合金製作所

代表者 代表取締役社長 小田 仁志
従業員 157名
所在地 滋賀県彦根市東沼波町928
事業内容 上下水道用各種弁類製造、
製鉄プラント用耐熱コントロールバルブ
環境事業(水処理関連)、建設業
TEL 0749-23-3131
URL <https://www.shimizugokin.co.jp>

問い合わせ

(彦根庁舎) 安田 TEL 0749-22-2325

熱分析のいろは 熱機械測定(TMA測定)

TMA (Thermal Mechanical Analysis) は、試料温度をプログラムに従って変化させ、試料寸法の変化を測定する手法です。樹脂材料、金属材料、セラミックス等、様々な材料の温度変化に伴う寸法変化を把握する目的で材料選定、品質管理に活用されています。

「プラスチック」、「金属」、「セラミックス」、どのような材料でも、温度変化によって膨張収縮します。また、材料によっては、昇温によって軟化する場合もあります。このように、膨張、収縮または軟化が生じると、使用時に支障が生じることが少なくないため、材料の温度変化に伴う寸法変化を把握することは、材料を選定するうえで重要となります。

TMA測定は、線膨張率や軟化温度の確認のために試料に一定荷重をかけながらの温度に対する変形を計測する手法です。本稿では装置原理、測定事例について解説し、TMAが用いられる規格を紹介します。

■装置原理

試料に一定荷重をかけながら、温度に対する変形を計測します。図1にTMA装置の概略図を示します。荷重発生部(磁石コイルおよび分銅)からプローブを介して試料に荷重を与えながら、周囲に配したヒーターまたは冷却ジャケットにより加熱、冷却します。温度の変化によって試料が膨張収縮し、この寸法変化に伴うプローブの位置変化量が変位検出器である差動トランスによって検出され、変位量として記録されます。プローブの(先端)形状を変えることで、圧縮、針入および引張の3モードでの測定ができます。

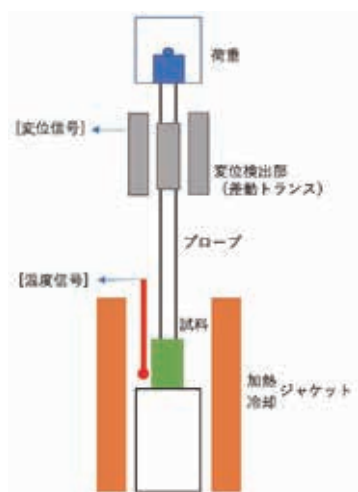


図1 TMAの装置構成模式図

■3つの測定モード

圧縮モード

固形の試料に一定の荷重をかけ、昇温または降温にともなう寸法変化を測定します。

試験片寸法(一例): 直径又は一辺の長さが約5mmの円柱状又は角柱状

針入モード

先端が細い(針状の)プローブを用いて、圧縮荷重を加えます。昇温による試料が軟化すると、このプローブが沈みこみますので、この変位を測定します。

試験片寸法(一例): 直径又は一辺の長さが約5mmの円形または正方形

引張モード

フィルムや繊維の両端をチャックで挟んで固定。引張方向に荷重をかけ、昇温にともなう収縮や伸びを測定します。

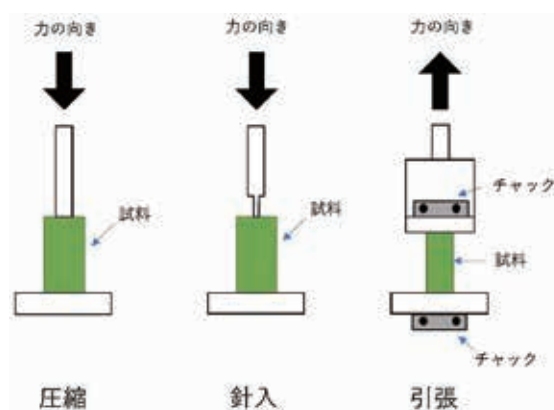


図2 各測定モードにおけるプローブ

■TMA測定でわかること・測定事例

TMAは、膨張率の測定(線膨張係数)、ガラス転移温度の測定、軟化温度の測定、熱収縮の観察などに利用できます。このうち、樹脂材料の線膨張係数の評価事例を紹介します。

図3に、シリコン樹脂(長さ3.27mm) のTMA曲線を示します。TMA曲線より、50℃から120℃の試料片の伸びが84.0 μmですので、この材料の線膨張係数 α は次式により、 $3.6 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ と求められます。

$$\alpha = \frac{1}{L_0} \frac{L(T_2) - L(T_1)}{T_2 - T_1}$$

ここで、

L_0 : 室温での試験片の長さ(mm)

T_1 : 平均線膨張率を求める低温側温度(℃)

T_2 : 平均線膨張率を求める高温側温度(℃)

$L(T_1)$: 温度 T_1 における試験片の長さ(mm)

$L(T_2)$: 温度 T_2 における試験片の長さ(mm)

※実際の測定では標準試料(石英)の測定による寸法変化も考慮する必要があります。しかし、樹脂材料の場合には、試料片の寸法変化に比べて標準試料の寸法変化が相当小さなため、ここでは標準試料の寸法変化は無視しています。

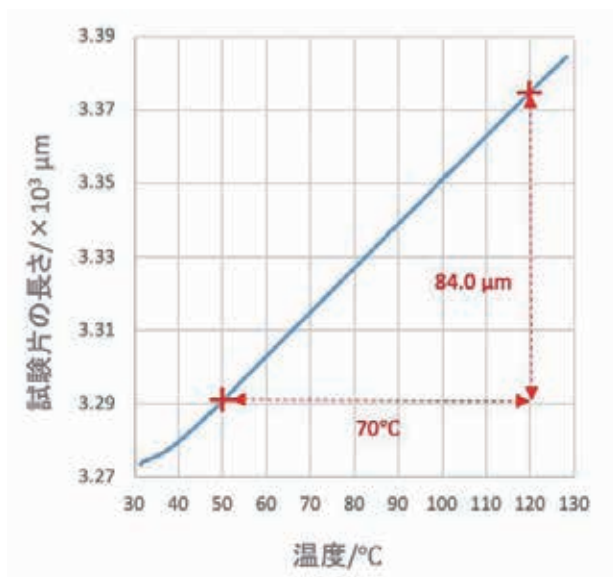


図3 シリコン樹脂の線膨張率測定結果

測定条件：圧縮モード、 温度30℃～150℃、
昇温速度5℃/min.、荷重0.05 N

TMAに関する規格

TMAは、樹脂材料など様々な材料の測定に用いられることもあり、多くの規格に用いられています。条件などは各規格に掲載されていますので、参照ください。

- JIS K7196 熱可塑性プラスチックフィルム及びシートの熱機械分析による軟化温度試験方法
- JIS K7197 プラスチックの熱機械分析による線膨張率試験方法

- JIS K7095 炭素繊維強化プラスチックの熱分析によるガラス転移温度測定法
- JIS L1013 化学繊維フィラメント糸試験方法
- JIS L1015 化学繊維ステープル試験方法
- JIS H8455 遮熱コーティングの線膨張係数測定方法
- JIS C2161 電気絶縁用粉体塗料試験方法
- JIS R1618 ファインセラミックスの熱機械分析による熱膨張の測定方法
- JIS R7222 黒鉛素材の物理特性測定方法
- JIS T6004 歯科用金属材料の試験方法

センターでは、みなさまにご利用いただくために、TMA測定装置を設置しております。目的に合わせた条件の設定等、ご相談に対応いたしますので、ご興味をお持ちの方はお気軽にお問い合わせください。



表 弊所TMAの装置スペック

メーカー	TA Instruments
型式	TMA Q400
温度	-150～1,000℃
昇温速度	0.01～200℃/min
サンプルサイズ	[圧縮][針入] 高さ 25 mm × 直径 10 mm(最大) [引張] 長さ 25mm × 厚さ 0.5mm(最大)
荷重	0.001～1.0 N
感度	15 nm
雰囲気	窒素

問い合わせ

(長浜庁舎) 永濱、上田中 TEL 0749-62-1492

お知らせ

装置を寄付していただきました

株式会社トップ精工より、ハンディプローブ三次元測定機(型番:XM-T2000/1600、株式会社キーエンス製)を寄付していただきましたので、ご紹介します。装置を寄付くださいました株式会社トップ精工に深く感謝の意を表します。

株式会社トップ精工ホームページ

<https://www.top-seiko.co.jp/>

はじめに

株式会社トップ精工は、長浜市に本社および工場を構える会社です。主な事業として、セラミックスやガラスなどの脆性材料、タングステンやモリブデンなどの高融点材料の精密加工・販売をされており、半導体、測定分析、医療、産業機械、精密機械、航空機、自動車といった幅広い分野に携わっておられます。

今回、同社から県内産業の発展に役立てていただきたいとハンディプローブ三次元測定機を寄付いただきました。

装置の概要

本装置は、ハンディー型のプローブ先端を測定対象に触れさせて、その座標を測定します。計測した座標をもとに、平面や円、距離、角度などの寸法測定や平面度、真円度

といった幾何公差の評価を行うことができます。

こちらの装置はCNC機能がないため、プログラムを作成しての寸法の自動計測には対応していません。ただし測定作業を人の手で行いますので、比較的簡単に形状の測定・評価を行うことができます。

センターでは、技術相談や人材育成、研究開発等に有効活用をしていきたいと考えています。



主な仕様

測定範囲	300 mm × 250 mm × 150 mm
測定精度	支持誤差 +8 μ m
	繰返精度 +3 μ m
ステージ耐荷重	25kg
用途	接触式プローブによる座標、寸法、幾何公差等の測定

問い合わせ

(彦根庁舎) 井上 安田 TEL 0749-22-2325

お知らせ

家庭で手軽に洗えるシルク加工『Yasa Silk』ができました！

センターの13年におよぶ支援が実を結びました。このたび浜縮緬工業協同組合(長浜市)では、シルクを手軽に洗える加工技術「Yasa Silk(ヤサシルク)」を開発されました。

問い合わせ

(長浜庁舎) 山田 TEL 0749-62-1492



県庁で行われた記者会見の様子

テクノニュース Vol.78(2023年2月号)

滋賀県東北部工業技術センター <https://www.hik.shiga-irc.go.jp/>

■長浜庁舎

管理係/有機環境係/繊維・デザイン係
〒526-0024 長浜市三ツ矢元町27-39
TEL 0749-62-1492 FAX 0749-62-1450

■彦根庁舎

機械システム係/金属材料係
〒522-0037 彦根市岡町52
TEL 0749-22-2325 FAX 0749-26-1779