

テクノネットワーク

No.138
2023/秋号

企業と共に歩む技術支援の拠点をめざします。

滋賀県工業技術総合センター

目次

表紙

YouTube 工業技術総合センター公式チャンネル …… 1

技術解説

3D スキャナの活用方法 …… 2

振動試験を実施するにあたって …… 4

研究紹介

令和5年度 研究テーマ …… 6



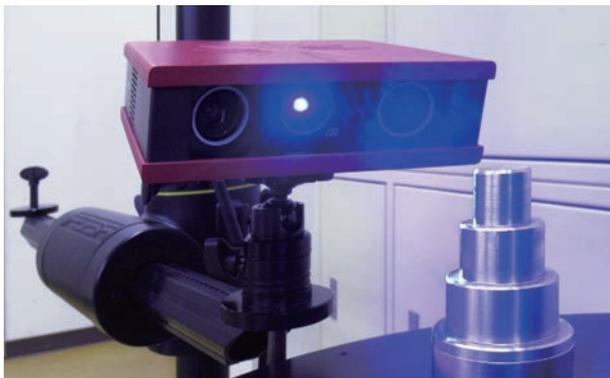
YouTube 工業技術総合センター 公式チャンネル

工業技術総合センターでは、利用開放している試験分析機器を皆様により活用していただくため、使用方法や活用事例を解説動画にまとめてYouTubeで公開しています。利用の多い機器や新しく導入した機器などの動画を随時追加していく予定ですので、ぜひご覧ください。



3D スキャナの活用方法

～形状計測やDIC解析事例のご紹介～



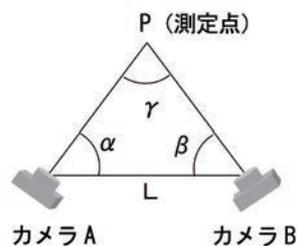
3D スキャナは、測定物に触れずに3次元データを簡単に取得し、測定物の全体形状を知ることができます。得られた3Dデータを用いて、距離、角度などの寸法計測も可能です。また、測定した3DデータとCADデータとを誤差照合し、カラーマップにより誤差評価することができます。さらには、デジタル画像相関法(DIC)解析により、測定物の変形やひずみを評価することもできます。ここでは、3D スキャナを用いた形状測定およびDIC解析の測定事例をご紹介します。

仕様

当センターでは、GOM社製3DスキャナATOS Core200および500を2018年に導入し、研究開発や品質評価などで多くの方にご利用いただいております。形状や寸法を測定する装置は三次元測定機や画像測定機などがあり、測定の目的に応じて最適な機種を選定する必要がありますが、3Dスキャナは、測定物の全体形状を把握したい場合に最適です。また、接触すると変形するような柔らかい測定物にも適用することができます。

ATOS Coreの仕様

測定範囲	200×150×150mm(ATOS Core200) 500×380×380mm(ATOS Core500) ※ワンショットの測定範囲
点間距離	0.19mm(ATOS Core500) 0.08mm(ATOS Core200)
光源	ブルーライトLEDライト
測定ソフト	ATOS Professional
解析ソフト	GOM Inspect(形状評価ソフト) GOM Correlate(ひずみ評価ソフト)
回転テーブル自動	(90kgまで)



※三角測量の原理：ある2点間の距離（ここではカメラAとカメラBとの距離L）と、測定点Pと2つ角度 α と β が分かれば、三角法により頂点Pの位置（座標）が求まる。



図1 三角測量の原理と縞パターン

測定原理

当センターに導入しているスキャナは光学式3Dスキャナに分類され、プロジェクタにより測定物に対して投影された縞パターンを2つのCCDカメラにより撮影し、三角測量の原理を用いて3次元座標値を取得します。取得した大量の点群データを用いてポリゴンデータを作成します(図1)。

測定手順

回転テーブルで撮影方向を割り出しながら、3Dスキャナを用いて測定物の3Dデータを取得します。測定物にあらかじめ貼っておいた参照点シールを用いて、撮影ごとのデータ同士をつなぎ合わせ、1周分の3Dデータが得られます。測定物の底面など1度に測定できなかった箇所は、測定物やカメラの向きを変えて撮影を繰り返し、全体形状を取得します。

3Dスキャナの測定の注意点としては、透明体や光沢物の測定は難しく、事前に白色スプレーを塗布する必要があります。また、カメラで撮影できない狭い部分(小径の穴など)やエッジなどは測定できません。また、測定精度を重視される場合は、接触式の三次元測定をお勧めします。

寸法測定事例

3D樹脂プリンタで造形した測定物(図2)を実際に3Dスキャナで撮影し、寸法測定やCADデータとの誤差照合を行いました。



図2 3D樹脂プリンタで造形したサンプル

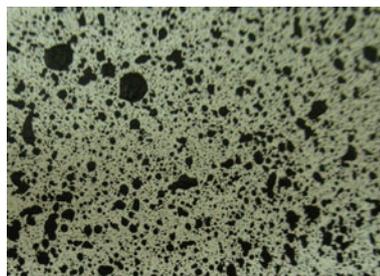


図4 ランダムパターン（スプレー塗布）



図3 誤差照合によるカラーマップ表示

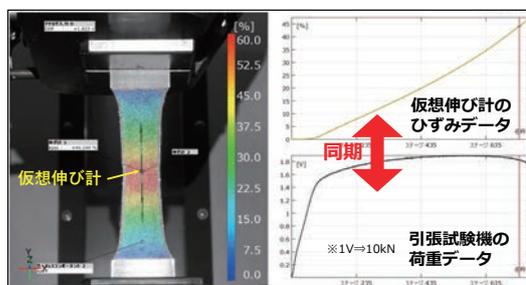


図5 引張試験とDICを用いた非接触ひずみ測定結果

寸法計測やCADデータとの誤差照合を行う前に、まず、3Dスキャナの測定データとCADデータとの位置合わせを行います。点群データを用いて円要素や面要素などを求め、角度や距離、円間ピッチ、幾何公差など評価することができます。図3にはCADデータとの誤差照合結果を示します。CADデータと比較し形状が大きい場合は赤色系統に、逆に形状が小さい場合は青色系統に色分け表示し、誤差量をカラーマップで可視化することができます。このように、全体形状の設計値からのズレを感覚的に把握することができます。

デジタル画像相関法 (DIC)

デジタル画像相関法 (DIC) とは、光学式座標計測技術を利用し、ランダムパターンの画像から座標値の変化を追跡し、2次元または3次元の変位とひずみを計測する手法です。測定物に何かしらの負荷を与えた際に、測定物の変形の様子を視覚化することができます。

実際の測定の際は、測定物の表面全体にスプレーなどを用いてランダムパターンを付与します (図4)。このランダムパターンを3Dスキャナで撮影し、19×19ピクセルを一つの単位にグループ化 (ファセット) して細分化します。画像の濃淡値などをデジタル処理し、変形後も同一のファセットを追跡できるため、変形過程の位置情報を取得できます。実際の測定では、数百から数千のファセットの中心座標値を連結し、メッシュデータとして

形状情報を得ます。

これらの座標値を用いて、視覚的に変位やひずみをカラースケールで表示することで、材料変形の可視化を行うことができます。ヤング率やポアソン比の測定のほか、シミュレーション結果の検証などにも活用することができます。

引張試験時ひずみのDIC解析事例

樹脂ダンベル試験片の表面全体にランダムパターンを付与し、引張試験とDICによる非接触ひずみ測定を同期して測定しました。図5に試験片が破断する直前のDIC解析結果を示します。引張ひずみが大きい箇所は赤色で表示され、試験片の中央付近で破断する様子が確認できます。また、ランダムパターンを用いて仮想伸び計を設定し、ヤング率やポアソン比の測定などに用いることができます。

なお、3Dスキャナを用いた変形計測のご紹介として、当センターのYoutubeチャンネルに動画をアップしていますので、こちらをご覧ください。3Dスキャナのご利用や測定方法などの相談について、担当までお気軽にお問い合わせください。

参考資料

1. 型技術 2023.Vol38 No.5 ,P50-51
2. 丸紅情報システムズ DIC入門セミナー資料
(機械システム係 今田、戸田)

振動試験を実施するにあたって

本解説では振動試験機（**図1** EMIC社製，F-22000BDH/SLS26）を用いた振動試験の主な目的と留意事項、関連するJISの例について紹介します。

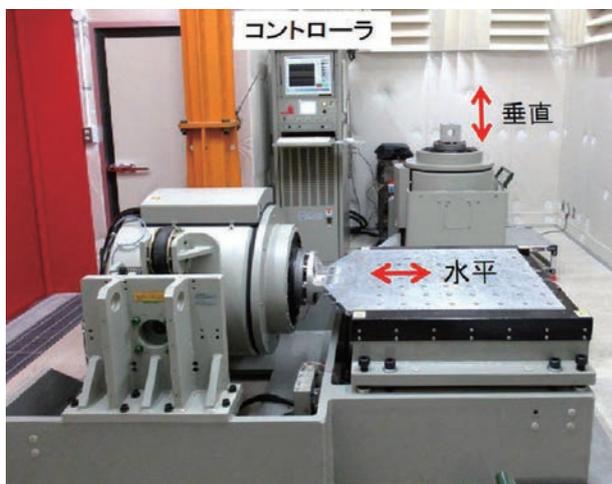


図1 振動試験機

1 振動試験の目的

振動試験は(1)試験対象が置かれる振動環境に対する耐性の確認や、(2)試験対象そのものの特性（共振周波数、伝達関数等）の調査を目的に実施されます^[1]。

(1)での振動環境の例として、①輸送時のトラックの荷台、②自動車等関連製品の取り付け箇所等があげられます。①の場合は輸送時に道路から受ける不規則な振動を考慮して構成されたランダム振動を試験対象に与えます。②の場合は自動車等関連製品から発する振動に含まれる最も主要な周波数を持つものを取り出し、試験対象に与えます。

(2)の試験は例えば、試験対象を構成するモジュールの共振周波数を調べる際に実施されます。試験対象が2つ以上のモジュールから構成される場合には強い振動連成の発生を防ぐ必要があります。そのために、それぞれのモジュールの共振周波数を離す必要があります。

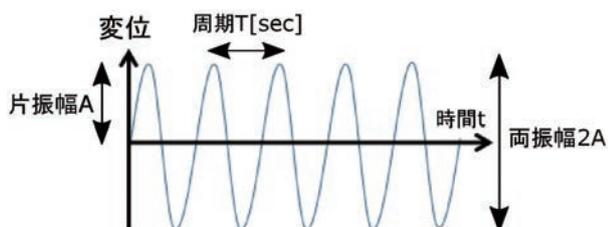


図2 振動試験関連用語

2 振動試験関連用語

振動試験で扱う振動を表す式は $x(t) = A \sin 2\pi ft$ のようになります（**図2**）。ここで、 t は時間（単位：秒）、 $x(t)$ は変位（単位：mm）を表します。 f は周波数（単位：Hz）といい、1秒あたりの周期数を表します。 $T = 1/f$ （単位：秒）を周期といいます。 A は片振幅（単位：mm）を表します。 $2A$ を複振幅（両振幅）（単位：mm）といいます。速度 $v(t)$ は単位時間あたりの変位 $x(t)$ の変化量であり、 $v(t) = dx(t)/dt = 2\pi fA \cos 2\pi ft$ で表されます。速度 $v(t)$ の単位はmm/sとなります。加速度 $a(t)$ は単位時間あたりの速度 $v(t)$ の変化量であり、 $a(t) = dv(t)/dt = -(2\pi f) 2A \sin 2\pi ft$ で表されます。加速度 $a(t)$ の単位はmm/s²となります。振動試験において、加速度という用語を用いたときは $a(t)$ の振幅に対応する値をとっており、 $a_0 = (2\pi f) 2A / (1000g)$ で計算され、単位はGです。分母に現れる1000は単位をmmからmへの変換を表します。また、 g は重力加速度（単位：m/s²）を表し、値は9.80665です。加速度 a_0 、複振幅（両振幅） $2A$ 、周波数 f のうち2つの値が決まれば、残り1つが一意に定まります。

試験対象に特定の周波数の振動を加えると試験対象の振動がどんどん大きくなる現象を共振といい、この時の周波数を共振周波数と呼びます^[2, 3]。

3 振動試験方法の種類

振動試験方法についてはJIS^[4]に以下3つの方法が提示されています。

1. 正弦波振動試験（JIS C 60068-2-6）
2. ランダム振動試験（JIS C 60068-2-64）
3. 混合モード振動試験（JIS C 60068-2-80）

本解説では本センターで実施可能な正弦波振動試験とランダム振動試験について説明します（**図3、4**）。

3.1 正弦波振動試験

正弦波振動試験は正弦波の振動を発生させる試験です。この試験には固定した1つの周波数で一定時間試験を行うスポット試験（固定振動数試験）と周波数を連続的に変化させて試験を行うスイープ試験（掃引試験）があります^[3]。スポット試験

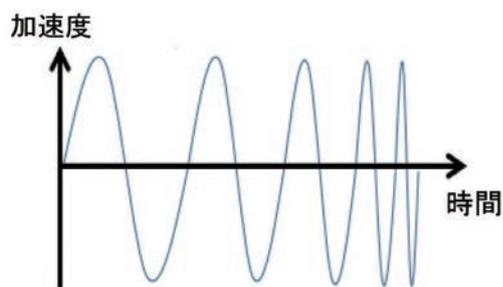


図3 正弦波振動試験（スイープ試験）



図4 ランダム振動試験

は故障する時の周波数が既知の場合、または振動源の性質が分かっている場合（例：エンジンの近く等）に実施されます。スイープ試験は多くの場合、共振周波数の探査の際に実施されます。この際、掃引速度が速いとピークと実際の共振周波数との間の誤差が大きくなるので注意が必要です^[1]。共振周波数が多数あり、どの共振振動が故障に寄与しているか不明な場合などに、周波数を掃引しながら試験することで試験対象の耐性を確認する場合にも使われます。ただし、掃引中に各周波数には短時間しかとどまらないので、故障が発生するまで多くの試験時間が必要になる傾向があります^[5]。

3.2 ランダム振動試験

ランダム振動試験では規定の周波数範囲内の全ての周波数を含む確率論的な不規則な入力を試験対象に与えます。ランダム振動は実際の環境でよく見られる振動です。正弦波振動試験とは対照的にランダム振動は試験対象に対して試験時間全体を通し継続して共振を引き起こします^[6]。ランダム振動はパワースペクトル密度（PSD）によって特徴づけられます。

4 望ましい治具

試験対象と振動試験機は治具を用いて接続します（図5）。そのため、振動試験機で発生した振動

は治具を介して試験対象に伝わるので、治具の性質が試験の質を決めることとなります。具体的には、「質量が小さいこと」「剛性が高いこと」「減衰比が適度であること」「重心が低いこと」「単純（左右対称等）であること」「堅牢（厚みを増やす等）であること」などが求められ、多くは治具の共振周波数を高くするために必要です。厚さ 10mm～20mm 程度のアルミ合金やマグネシウムで作製していただくと、軽量で強固な治具を実現することができます。治具の一番小さい共振周波数を、試験が対象とする周波数よりも大きくする必要があります。でなければ、所望の試験条件よりも過剰な試験、または不足な試験となる場合があります。また、治具の形状によっては加振方向と垂直方向の振動が発生する場合があります、考慮に入れる必要が出てきます。

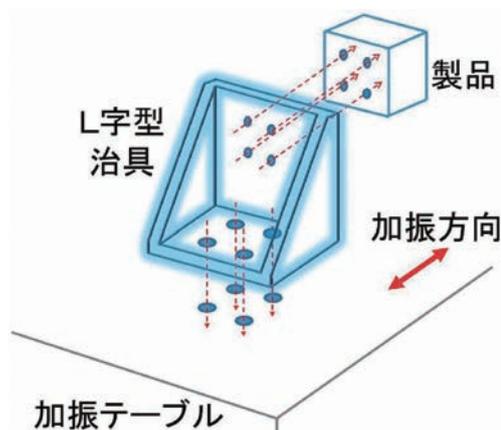


図5 治具による固定（文献[3]より引用）

5 関連する JIS の紹介

振動試験に関連する JIS を一部紹介します。

・JIS C 60068 環境試験方法-電気・電子-

電子部品の環境試験全般について記述された JIS です。このうち、JIS C 60068-2-47（供試品の取付方法）、JIS C 60068-2-6（正弦波振動試験方法）、JIS C 60068-2-64（広域帯ランダム振動試験方法及び指針）、JIS C 60068-2-80（混合モード振動試験方法）、JIS C 60068-3-8（振動試験方法の選択の指針）が振動試験に関連します。

・JIS Z 0200:2023 包装貨物-性能試験方法一般通則

この JIS は包装貨物の流過程で受ける振動、衝撃等に対する包装の保護の適格性を評価する試験方法を規定したものです。試験対象の輸送環境と想定されるハザード（例：コンテナ倉庫までの輸送）に応じて、試験条件が記されています。

・その他

JIS D 1601 (自動車部品振動試験方法)、JIS E 3014 (鉄道信号保安部品－振動試験方法) は使われる部品の振動に対する耐性を評価する試験方法について規定したものです。この試験は主に共振点探査 (スイープ試験で実施) と振動耐久試験 (共振周波数または指定された周波数でスポット試験を行う) から構成されています。

6 最後に

本解説では振動試験を実施するにあたり、留意点と関連する JIS の紹介を行いました。年度末に振動試験機に関する講習会を実施する予定です。振動試験に関してご質問等がございましたら、お気軽にご相談ください。

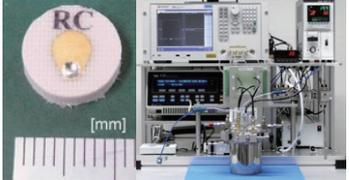
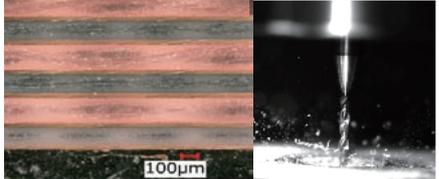
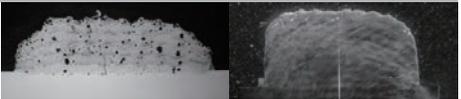
参考文献

- [1] 宇宙航空研究開発機構編：振動試験ハンドブック (2022)
- [2] 日本機械学会編：機械システムのダイナミクス入門、丸善 (1990)
- [3] 平野 真：振動試験のコツ、テクノネットワーク、No.124 (2019)
- [4] JIS C 60068-3-8
- [5] JIS C 60068-2-6
- [6] JIS C 60068-2-64

(電子システム係 大坪)

令和5年度 研究テーマ

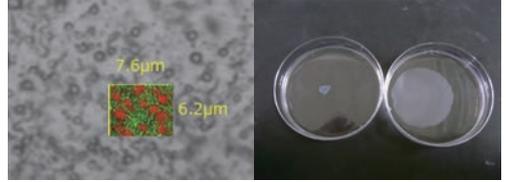
令和5年度に取り組んでいる研究テーマとその概要を紹介します。

電子システム係	<p>多様な現場に対応可能なAI検査技術の開発 (R05～R07、重点研究)</p> <p>大坪 立サミュエル</p> <p>概要：外部からの光や振動等の外乱が生じる環境下でも適用可能なAI検査技術の開発</p> <p>今年度：検査対象に対する判定を行うための情報の効率的な取得方法に関する研究</p> <p>図の説明：(左) 検査に用いるタブレットなど (右) 開発環境</p>	
	<p>固体電解質特性評価用インピーダンス測定標準デバイスの開発 (R03～R05)</p> <p>山本 典央</p> <p>概要：インピーダンス測定系の測定精度等の評価に用いる測定標準デバイスの開発。</p> <p>今年度：固体電解質のインピーダンス値の温度および周波数特性の調査および測定。</p> <p>図の説明：(左) 測定標準試料、(右) 測定システム10mHz～100MHz対応</p>	
機械システム係	<p>ガラス樹脂基板の小径ドリル加工に関する研究 (R05～R07)</p> <p>今田 琢巳</p> <p>概要：高多層ガラス樹脂基板への小径ドリル加工において、加工精度や穴壁面品質の向上を目的に、穴あけ加工技術の高度化を図る。</p> <p>今年度：小径ドリルを用いて各種ドリル加工条件による加工精度や穴壁面品質、切りくず排出性への影響を明らかにする</p> <p>図の説明：(左) ガラス樹脂基板 (右) 穴あけ加工</p>	
	<p>金属3Dプリンタを用いた積層造形技術の高度化に関する研究 (R05～R07)</p> <p>斧 督人</p> <p>概要：DED方式金属3Dプリンタの材料開発技術の高度化を目指し、異種金属接合造形など多様な材料形態の積層技術の検討を行う。</p> <p>今年度：金型の補修や改良を目的とした異種材料の追加積層造形における剥離抑制など信頼性向上に必要な材料開発技術の高度化。</p> <p>図の説明：(左) 超硬合金：欠陥発生、(右) 超硬合金開発材料：欠陥抑制</p>	

有機複合体の構造制御による貼付フィルムの高機能化に関する研究 (R03～R05)

中島 啓嗣

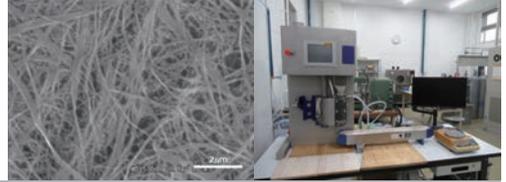
概要：口腔内に長時間貼付可能で、かつ柔軟な高分子複合保護フィルムの開発
 今年度：ポリマー等材料の溶液中における挙動評価
 図の説明：(左) 複合材料のラマンイメージング画像、(右) 相分離状態による膨潤挙動の違い



バイオマスプラスチックの物性向上に関する研究 (R05～R07)

大山 雅寿

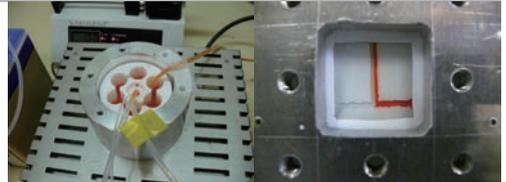
概要：セルロースナノファイバー (CNF) を用いた生分解性コンポジット材料の創製
 今年度：CNFと生分解性樹脂の複合化と物性向上への検討
 図の説明：(左) CNFの電子顕微鏡造、(右) プラスチック改質装置



フロー式反応装置の作製とそれを用いた合成に関する研究 (H29～R05)

中居 直浩

概要：閉塞しにくいフロー式反応装置の開発と反応の実施
 今年度：自由な流路設計が可能なプレート型反応装置の開発
 図の説明：(左) 企業と共同開発したマイクロスケールCSTRでの色素合成、(右) 開発中の流路が可視化できるプレート型リアクタ



炭窒化物系薄膜の作製と物性評価 (R05～R07)

山本 和弘

概要：摺動性、硬さ等の各種特性に優れている炭素系薄膜を用いた表面処理方法の確立、高機能化を目指します
 今年度：炭窒化物薄膜の単層作製条件の検討
 図の説明：(左) 各条件での成膜状態、(右) 成膜装置の外観



薄膜を用いたガスバリア技術に関する研究 (R04～R05)

田中 喜樹

概要：薄膜技術を応用し、電子材料に適したガスバリアフィルムの材料開発
 今年度：フィルム上へのAlO_x膜の作製と膜の構造評価
 図の説明：(左) 成膜装置、(右) 評価装置(FE-SEM)



水素関連部材への応用に向けた次世代カーボン技術の開発 (R03～R05、重点研究)

山田 雄也

概要：水素環境下で用いられる樹脂、金属部材の水素バリア性および耐久性を向上させるカーボン薄膜の開発
 今年度：カーボン薄膜の作製と物性評価
 図の説明：(左) スパッタリング装置、(右) 基板への成膜



滋賀県オリジナル醸造用酵母の最適醸造条件の検討と酒造特性 (R03～R05)

岡田 俊樹

概要：カブロン酸エチル (リンゴ様、洋ナシ様) や酢酸イソアミル (バナナ様、メロン様) の香りの高い醸造用酵母の最適醸造条件を探索して近江の地酒を醸す醸造所の製品開発を支援する。
 今年度：酒米の違い、原料 (蒸米、米麴、水) の違いの組み合わせの試験 (酒米 1kg スクリーニング) から、酒質の良かったパターンを日本酒醸造試験施設 (酒米 15kg) で小規模試験を実施する。



滋賀県オリジナル酵母に関する研究 (R05～R07)

松尾 啓史

概要：県内の豊かな環境資源から酵母を分離し、清酒醸造に適したものを選抜することで県酵母のパリエーションをより豊かにすることを旨とする。
 今年度：県内の環境資源から酵母の分離および基本的性質の検討。
 図の説明：(左) 酵母分離源 [ジャクガ] (右) 分離源からの集積培養



新しい生活様式のための陶製品開発 (R03 ~ R05)

高畑 宏亮

概要：コロナ禍の中、家庭内で過ごす生活様式が広がりを見せている。そこで、衣・食・住の各分野における生活の質を高め、新しい楽しみ方ができる陶製品のデザイン開発と試作提案を実施する。
 今年度：陶製品の素材、デザインの開発
 図の説明：(左) 滋賀県庁レリーフタイルをモチーフにしたアクセサリ (右) 陶製ビーズと成形用石膏型



地場産品を活かした体験型製品の開発 (R04 ~ R06)

山内 美香

概要：滋賀県の地場産品や伝統的工芸品に触れるきっかけとなる体験型製品 (電子工作キット) を開発する。
 今年度：デザイン開発および試作
 図の説明：(左) 製品に使用する電子工作部品、(右) 選定中の素材



耐熱陶器製品の開発研究 (R03 ~ R05)

西尾 俊哉

概要：新型コロナウイルスの影響で生活様式が変化し、家庭での調理時間も増加傾向にある。そうした生活習慣の変化に伴い、使いやすさや使うことでの楽しさを考えた耐熱陶器製品のデザイン開発や試作提案を行う。
 今年度：ペタライトの代替原料の研究、デザイン開発、試作
 図の説明：(左) 素地の熱衝撃試験、(右) 保温調理鍋の試作



3D技術を活用した陶製品製造技術に関する研究 (R04 ~ R06、重点研究)

植西 寛

概要：CNC加工機やペレット溶融積層式3Dプリンタ等を活用した新しい陶製品製造技術の開発に取り組む。
 今年度：陶磁器素地の直接加工による製品開発技術の検討など。
 図の説明：(左) CNC加工機 (5軸モデリングマシン)、(右) ペレット溶融積層式3Dプリンタと試作品



人工知能を用いた画像処理技術の陶磁器分野への応用 (R05 ~ R07)

神屋 道也

概要：深層学習を用いた画像処理により、釉薬の調合条件の画像検索や焼成条件の精密化を行う。
 今年度：釉薬調合データベースの類似画像検索システム開発など。
 図の説明：(左) 釉薬試験片、(右) 類似画像検索結果

