

テクノネットワーク

No.136
2023/春号

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

研究会	
滋賀 3D イノベーション研究会	1
技術紹介	
AI システム構築の概要	3
事業紹介	
感染症対策材料の開発支援事業	6
機器紹介	
薄膜密着評価システム	7
プラスチック改質装置	7
お知らせ	
ご存知ですか? 日本酒の地域ブランド GI「滋賀」	8

金属 3D ものづくりに関する取り組み発表 @ JIMTOF2022

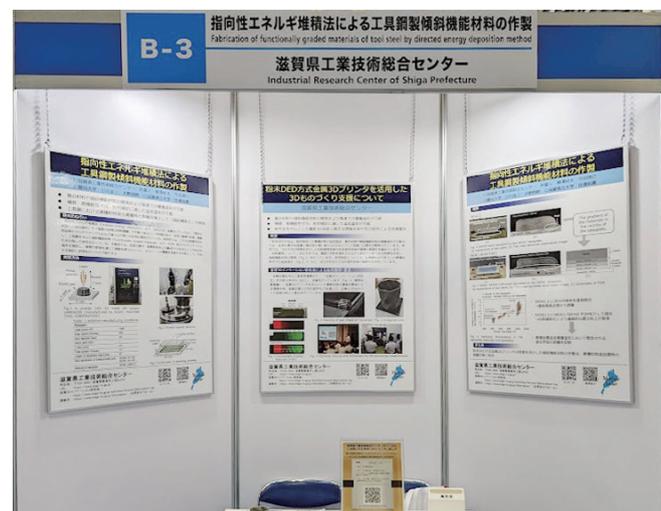
工作機械分野における世界最大級の展示会である JIMTOF2022（第31回日本国際工作機械見本市）が2022年11月8日～13日に東京ビッグサイトにて開催されました。今回、併せて開催されました IMEC2022（第19回国際工作機械技術者会議）において、金属 3D プリントを中心とした 3D ものづくり技術の普及と活用促進に取り組む滋賀 3D イノベーション研究会（令和元年設立）や、研究会内で県内大学（滋賀県立大学 工学部 田邊裕貴教授、龍谷大学 先端理工学部 小川圭二教授）と取り組む共同研究内容（発表タイトル『指向性エネルギー堆積法による工具鋼製傾斜機能材料の作製』）について、ポスター発表を行いました。

ブースには、全国より来場された企業（自動車部品、金型、重工業等）や大学関係者などが立ち寄り、金型をはじめとする製品部品の補修や改良等、同種・異種材料の追加積層造形が特徴である粉末DED方式金属 3D プリントに関する技術や取り組みなどについて、意見を交換する貴重な機会を得ました。

センターでは、今後も、滋賀 3D イノベーション研究会を中心に、3D ものづくり技術の向上と普及に取り組んでまいりますので、ご期待ください。

（担当：機械システム係 斧、柳澤、今田、藤井）

研究会

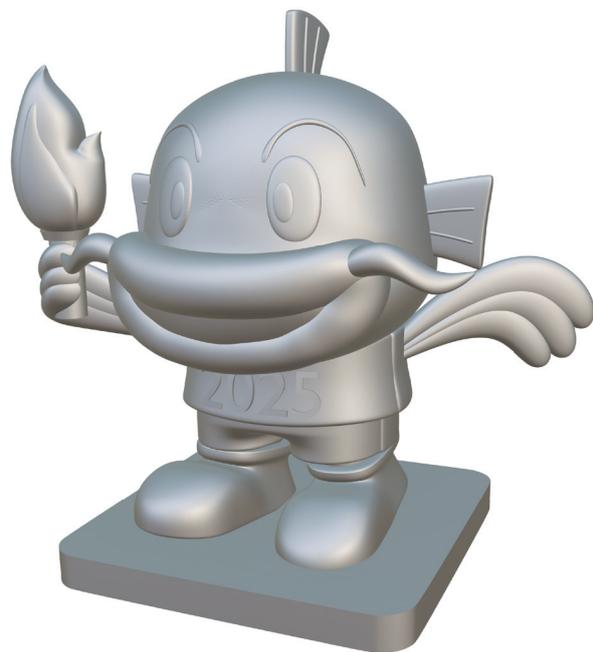


IMEC2022 展示ブース

滋賀3Dイノベーション研究会 「BJT金属3Dプリンタ講習会」

はじめに

近年の3Dプリンタの技術進展は目覚ましく、素材から切削加工で生産する方法にかわって、材料を付加して加工するAM(Additive Manufacturing)技術が金属部品の量産にも適用されつつあります。当センターでも、指向性エネルギー堆積(DED)方式の金属3Dプリンタを導入するとともに、「滋賀3Dイノベーション研究会」を設立し、講演会や先行試作などにより、関連する技術情報を会員企業や連携する大学で共有しています。また、今年度からバインダーージェット(BJT)方式の金属3Dプリンタによる部品の量産化を目的と



試作用サンプルデータのキャプチャー

した講習会を実施しています。今回はその取り組み内容を紹介します。

BJT金属3Dプリンタとは

BJT金属3Dプリンタは、①金属粉末を薄く(約42 μ m)敷詰める、②部品になる部分にだけバインダー(結合剤)を吐出する、という工程を繰り返して部品形状を作製したのち、脱脂、焼結することで金属部品を作製す

る装置です。小型で精密な部品の生産が得意であり、容量いっぱい複数の部品を配置することができるので生産性も高いのも特長です。また、中空部品も作製可能です。

講習会の内容

企業の部品生産の手段の一つとしてBJT金属3Dプリンタを適用してもらうことを目的に、プリンタの販売、受託加工を手掛ける日本電産マシンツール株式会社の協力のもと、

プリンタを活用する際に必要な知見を修得するための講習会を企画し、これまでに2回の講習会を開催しました。

講習会の内容

- | | |
|------|------------------------------|
| 第1回目 | プリンタの詳細仕様の解説、実機および試作品の見学 |
| 第2回目 | 試作モデルの造形難易度とモデル、サポート配置に関する解説 |
| 第3回目 | 造形後に必要な工程(クリーニング等)の体験 |

その後は、焼結後の部品の形状評価を目的に、外観および内部検査等も実施する計画です。今年度は参加企業の2社から試作の申込みがあり、第2回目の各種解説や第3回目のクリーニング体験は提供いただいたモデルデータを用いて実施しています。ここで得ら

れた知見や経験をもとに、より多くの企業で試作やその後の量産化に活用していただくことを期待しています。

最後に、講習会および試作案件の募集は来年度も実施する予定ですので、ご参加ご検討ください。

(担当：機械システム係 斧、柳澤、今田、藤井)

AIシステム構築の概要

1. はじめに

昨今、製造業やサービス業において、多くの事業者が作業の一部を自動化し、省人化、低コスト化を達成することを求めています。この時、タスク達成のためにデータを収集し、AIを用いて対象システムを自動化することが検討されます。この解説ではレコメンドシステム、マーケティング施策の分析、不動産の取引価格の予測等に用いられる回帰モデルの構築を例にAIシステム構築の全体の流れを概説します。

2. 準備

本解説には分類問題、回帰問題、決定木回帰問題が出てきます。これらについて簡単に説明します。

2.1 分類問題

分類問題とは

$$y_{cat} = F_{cat}(\mathbf{x}, \boldsymbol{\theta}) \dots (\text{式1})$$

を決める問題です (Fig. 1)。 y_{cat} はカテゴリ値、 $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ はカテゴリを決める要因、 F_{cat} は分類器の型、 $\boldsymbol{\theta}$ は分類器を決定づけるパラメータとなっています。分類問題は分類器の型 F_{cat} と $\boldsymbol{\theta}$ を決定する問題となります (実際は F_{cat} を固定することが多い)。

2.2 回帰問題、決定木回帰問題

回帰問題とは、要因 $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ から具体的な値 y を予測する問題です。本解説では回帰問題の1つ、決定木回帰問題を扱います。決定木回帰問題を $y = x^2$ に対する回帰問題を例に説明します (Fig.2, 3)。Fig.2 の橙色の点が $y = x^2$ 上の点であり、青線が $y = x^2$ 上の点に適合する最大深さ3の決定木回帰モデルです。Fig.3 は最大深さ3の決定木回帰モデル (Fig.2の青線) を与えるルールを示しています。

3. AIシステムの構築の流れ

AIシステム構築は以下の流れで行われます。

1. 全体像をつかむ。
2. データを入手し、訓練用データとテストデータに分ける。
3. データを研究し、理解を深める。
4. モデルの学習 (調整) を行う。
5. システムを本番稼働、モニタリング、保守を行う。

一連の流れを不動産の取引価格の予測の自動化というタスクを通して説明します。取引価格の予測問題は文献^[1,2]でも行われており、これらを参考にしました。

3.1 全体像を把握、解くべき問題を定める

上司から今までノウハウによって行っていたA市における不動産の取引価格の予測を自動で行えるようにしてほしいと頼まれたとします。この時、取引価格の予測が業務全体の中でどのような役割を果たしているのか

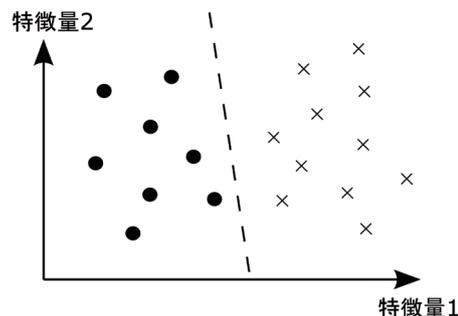


Fig. 1: 分類問題：ここでは特徴量1と2の組み合わせから黒丸かx印のいずれのクラスに属するか推定する問題を考えられています。実際は2つのクラスの境界線 (点線) を決める問題です。

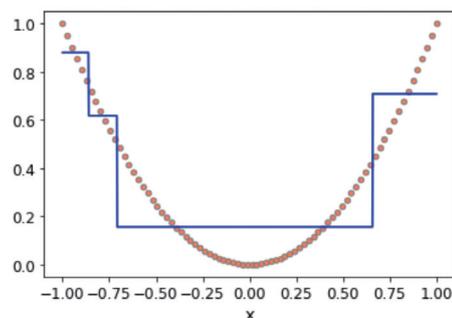


Fig.2: $y = x^2$ に対する決定木回帰モデル (深さ3) の当てはめ

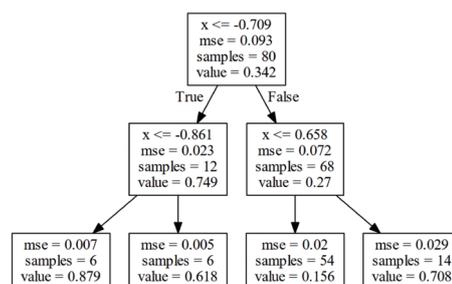


Fig.3: $y = x^2$ に対する決定木回帰モデル (深さ3) の概要

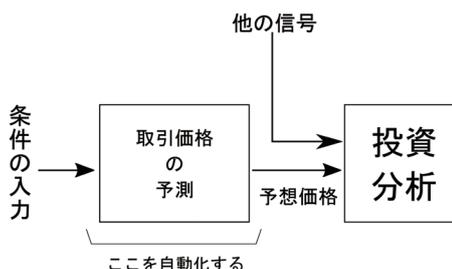


Fig.4: 投資分析システムの全体と取引価格予測の位置づけ

Table1: A市の取引価格データ（はじめの5物件に関するデータ）：取引価格（ y ）をそのほかの要因（取引価格以外のすべての項目）から予測する回帰モデルを作成します。

	最寄駅：距離 (分)	取引価格 (万円)	面積 (m ²)	間口 (m)	延床面積 (m ²)	建築年	前面道路：幅員 (m)	建ぺい率 (%)	容積率 (%)	B社の評価
0	15	3000	125	8.7	120	2016	6.0	60	200	0.282410
1	25	2400	115	8.5	95	2020	6.0	60	200	0.604016
2	25	280	170	2.3	90	1994	4.0	60	200	0.880023
3	19	3000	185	8.0	100	2019	7.0	60	200	0.038916
4	13	1100	250	12.0	120	1979	6.0	50	80	0.959548

を調べる必要があります。この点を上司に確かめたところ、投資分析の1つの材料として用いているとのことでした（Fig.4）。次に予測された取引価格が投資分析の中でどのように利用されているかを調べます。もし、取引価格を5段階のカテゴリに分類して利用されているのであれば、分類問題として捉えるべきです。本問題では、式1において、 y_{cat} は5段階の取引価格のカテゴリ、 $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ はカテゴリを決める要因となっています。調べた結果、具体的な取引価格をそのまま投資分析に用いることが分かったので、回帰問題としてこのタスクを捉えることにします。取引価格の予測を回帰問題として捉えた場合、要因 $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ から具体的な取引価格 y （円）を予測する問題です。本問題を決定木回帰問題として捉えると、要因 $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ から取引価格 y を決定するルールを定める問題となります。

同じ取引価格の予測タスクでも、具体的に何を求められているかによって解くべき問題の種類が変わります。以上に記したような確認作業を怠ると、無駄な作業が増大し、開発に莫大な月日を費やしかねません。

3.2 データを入手し、訓練用データとテストデータに分ける

A市の取引価格データが得られたとします（Table1）。得られた取引価格データを決定木回帰モデルの決定のために用いる訓練用データと獲得した決定木回帰モデルを評価するために用いるテストデータに分割します。手元にある全データに対する誤差が小さいモデルを実環境に対して適用した場合でも誤差が小さい保証はありません。そのため、訓練用データとテストデータを分け、テストデータを用いてモデルを評価することで、実環境に対する性能を見積もることにします。

得られた不動産データがある規則に従って並べられている（例えば床面積が小さいものから並んでいる）場合、初めの8割を訓練用データとし、残りをテストデータとすると両者はかなり異なる傾向を持ちます。そのため、学習を経て得られた決定木回帰モデルの評価として適切である保証がありません。そこで、多くの場合は各データを80%の確率で訓練用データに、20%の確率でテストデータにランダムに振り分けることを考えます（無作為抽出（Fig.5））。

3.3 データを研究し、理解を深める

データの各要因ごとの相関、各要因と取引価格との相関を調べることでデータについての理解を深めます。調べると、Table2 のようになりました。ある2つの要因との相関が強い場合、所望の性能を満たすためにはどちらか一方の要因で十分かもしれません。また、要因と取引価格との相関が小さい場合、要因は予測に必要ないかもしれません。複数の要因を組み合わせると取引価格との相関が大きい新たな因子を構成できるかもしれません。Table2 から、調査会社であるB社の評価と取引価格との相関が他と比べて非常に小さいことが分かったので、回帰モデルの作成の際には考慮しないことにしました。

データの研究は訓練用データのみに対して行い、テストデータに対して絶対に行ってははいけません。テストデータを含んだデータ集合に対して研究を行い、ここで得た知見を決定木回帰モデルの獲得に用いたとします。この場合、テストデータの影響が決定木回帰モデルに及ぶので、テストデータを用いてモデルを評価することが実環境での性能に対する良い見積りにはなりません。

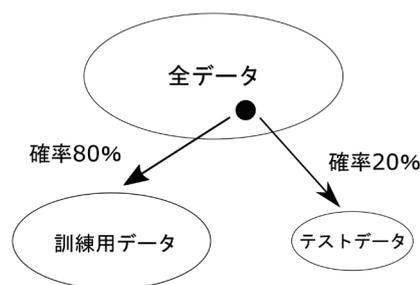


Fig.5: 無作為抽出

Table2: 各要因と取引価格との相関

要因	相関係数
建築年	0.565764
延床面積	0.415488
面積	0.213469
容積率	0.168623
建ぺい率	0.167201
前面道路：幅員	0.151840
間口	0.151785
B社の評価	-0.015476
最寄駅：距離	-0.184670

3.4 モデルの学習（調整）を行う

3.3節ではデータ研究を行い、新たな要因 $\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_m$ を構成しました。訓練用データを用いて決定木回帰モデルを決定します。

決定木回帰モデルの表現能力の高さは木の最大深さで決まります。決定木の最大深さが深いとより複雑なルールを表現することができますが、ノイズの影響を大きく受けることになります（Fig. 6）。

ここで、決定木の最大深さはモデルを学習する前にあらかじめ人の手で決められるパラメータであり、ハイパーパラメータと呼ばれます。決定木の最大深さについて、訓練データを用いて決定木回帰モデルを決定し、テストデータから評価値を計算し、一番良い評価値を示した決定木の最大深さで得られたモデルを適用したくなりますが、これをしてはいけません。決定木の最大深さをテストデータから決めているので、テストデータを用いて出来上がった決定木回帰モデルを評価することが実環境での性能に対する良い見積りにはなりません。そこで、訓練データからいくつかのデータを検証データとして分離し、以下の手順で決定木回帰モデルを決定します（Fig. 7）。

手順1 各決定木の最大深さに対する評価を以下の方法で行います。

- 1-1 検証データに属しない訓練データを用いて決定木回帰モデルを決定します。
- 1-2 1-1で得られた決定木回帰モデルに対する評価値を検証データから計算します。

手順2 評価値の最も高い決定木の最大深さに対応する決定木回帰モデルを選択します。

手順3 テストデータを用いて、手順2で得た決定木回帰モデルの評価を行います。これを実環境に対する性能を良く表す指標とします。

実際には、上の手順を改良したクロス・ヴァリデーションを用いてモデルを決定します^[1]。

取引価格予測の問題において、決定木の最大深さをクロス・ヴァリデーションを用いて選ぶと4となりました。実際、テストデータに対する決定木の最大深さを4とした場合と無制限にした場合の回帰モデルの平均2乗誤差（一般的な評価指標）を比較すると、前者が 1.06×10^7 、後者が 1.36×10^7 となり、前者が優れています。

3.5 システムを本番稼働、モニタリング、保守を行う

以上の手順で得られたA市での取引価格予測モデルを実際に運用することを考えます。実際には、回帰モデルの作成作業を新しいデータが入り次第、定期的に行うことでモデルを更新していきます。これらの動作が順調に行われているかをモニタリングする必要があります。AIシステムの運用において、ある時点で急に性能が落ちる場合と緩やかに性能が落ちる場合があります。ある時点で急に性能が落ちる場合は、性能が落ちた時に与えられたデータに調査員のミス等による大きな誤りがある場合などがあります。この場合は、1つ前の学習で得られた回帰モデルを再び使用することになります。そのため、回帰モデルと対応するデータのバックアップをとる

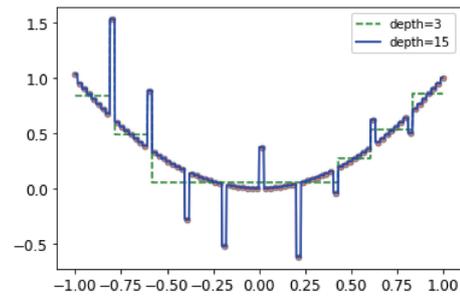


Fig.6: 決定木回帰モデルの表現能力： $y = x^2$ にノイズが乗ったものに対して決定木回帰分析を行いました。決定木の最大深さが大きいとノイズの挙動まで学習し（過学習）、元の $y = x^2$ が見えにくくなります。

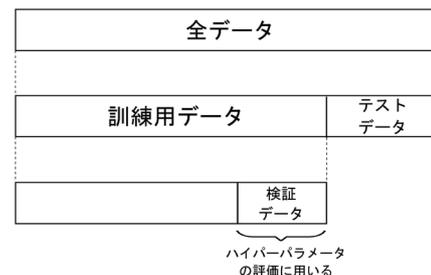


Fig.7: 検証データの設定

ことは大事になります。緩やかに性能が落ちる場合は実環境の長期にわたる緩やかな変化に対応していると考えられます。実際、不動産が立地する街は多少なりとも変化し、一般的に貨幣の価値も長期の視点に立てば緩やかに変化します。これらは取引価格に影響を与えます。この時、ある一定以上古いデータを取り除いて再学習するといった対応が必要になります。

おわりに

本解説では不動産の取引価格予測モデルを決定木回帰モデルによって構成するという簡単な例でAIによるシステム構築の概要を説明しました。主に、設計するシステムの目的と全体の中の位置づけの確認、データの研究、訓練用とテスト用にデータ分割をすること、モデルの評価が大事になることを記しました。AIといえばアルゴリズムなどの派手な事柄に目を向けがちですが、対象に向き合うといった地味な作業が後々システム全体の良さを決定づけると考えています。

参考文献

- [1] A. Géron : scikit-learn, Keras, TensorFlow に よる実践機械学習 第2版、オライリー・ジャパン (2020)
- [2] 小西 貞則：多変量解析入門—線形から非線形へ、岩波書店 (2010)

(担当：電子システム係 大坪)

感染症対策材料の開発支援事業

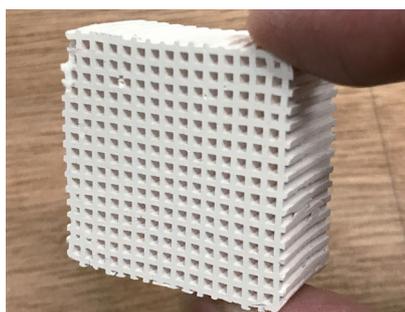
感染症対策材料に対する消費者の意識が高まるなか、抗菌・抗ウイルス性能を持つ材料に変更したり、アルコールや紫外線などの除菌殺菌などへの耐久性が必要となる等の技術的な関心をお持ち方には、関連する技術研修や相談、機器利用による分析や評価を通じて様々な支援を行っています。

共同研究例

廃棄物である卵殻を原材料としたハイドロキシアパタイトを製造している県内企業から素材の活用に関する相談があり、このハイドロキシアパタイトの吸着特性を活かしたセラミック材料の開発を共同で実施しています。ハイドロキシアパタイトは結晶構造による物理吸着とイオン交換性による化学吸着があり、さまざまな物質に対し、高い吸着性を発揮します。現在、感染症対策材料として空調機のフィルター材や触媒の担体等としての用途展開の可能性について検討し、ハニカム形状の成形体の試作をおこないました。今後、高精度ガスノ蒸

気吸着量測定装置により比表面積や細孔分布などの特性評価を行っていく予定です。

(担当：セラミック材料係 植西)



技術支援に活用する機器例

エネルギー分散型蛍光X線分析装置

本装置は物質に含まれる元素の種類やその割合を非破壊で分析することができる装置です。感染症対策材料として用いられるセラミックやプラスチックは抗菌・抗ウイルス性能の付与を目的として、銀 (Ag) や銅 (Cu) などの金属元素を添加・担持することがあります。本装置を用いることで、原料や添加した製品に含まれる金属元素の割合を知ることができます。

その他にも近年に導入した機器があります。以下を参照して、研究開発や評価にご活用ください。

(担当：セラミック材料係 神屋)



No.130



No.131

テクノネットワーク



メーカー 島津製作所

型式 EDX-8000

サンプルサイズ 最大 300×275×100 mm

分析元素 炭素 (C) ~ ウラン (U)

(注) 以上はカタログスペックであって、実際のご利用の際は個別サンプルの形状などを担当に伝えてご確認ください。

セミナー開催

「抗菌・抗ウイルス性能」を製品に表示し、販売につながるPRをしたいとの要望があります。そこで、「どのような試験が必要で、認証はどんな手続となるのか。定期的に更新が必要なのか。」など、抗菌・抗ウイルス性能の表示に関する最新情報のセミナーを開催しました。Webでの聴講も可能として、多くの参加者に学んでもらいました。

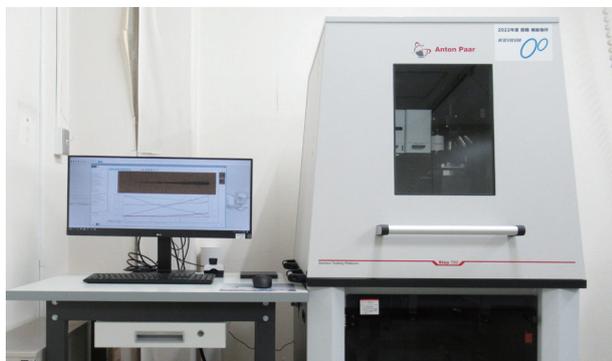
(担当：有機材料係 白井)



新規導入機器の紹介

令和4年度に新規導入した機器をご紹介します。詳細は担当者にお尋ねください。

薄膜密着評価システム



本装置は公益財団法人 JKA より競輪の補助金を受けて導入した機器です。



用途・特長

スクラッチ試験を行うことで薄膜の密着性を評価する装置です。広い荷重レンジに対応し、ナノ・マイクロスケール膜厚の薄膜評価を行うことができます。また、インデンテーション試験機能を備えており、薄膜の押し込み硬さや弾性率評価も可能です。

(担当：無機材料係 山田)

機種

メーカー 株式会社アントンパール・ジャパン

型式 Step700 一式 (MCT3、NST3、NHT3、Step700)

仕様

【ナノスクラッチ試験】

測定項目	荷重、押し込み深さ、摩擦力、摩擦係数
試験荷重	300 μ N ~ 1000mN
スクラッチ速度	0.4mm/min ~ 500mm/min
最大測定摩擦力	1000mN

【マイクロスクラッチ試験】

測定項目	荷重、押し込み深さ、摩擦力、摩擦係数、AE
試験荷重	30mN ~ 30N
スクラッチ速度	0.1mm/min ~ 500mm/min
最大測定摩擦力	30N

【インデンテーション試験】

測定項目	荷重、押し込み深さ、押し込み硬さ、弾性率
試験荷重	100 μ N ~ 500mN

【ナノ・マイクロ部共通機能】

- ・スクラッチ痕のパノラマ画像と測定データの同期
- ・スクラッチ試験前の表面スキャンによる押し込み深さ補正

プラスチック改質装置



用途・特長

本装置は卓上型の小型射出成形機です。併設する卓上型の小型混練機（メーカー：Xplore Instruments BV 型式：MC15HT）で混練されたプラスチックを加熱されたバレル内に直接導入し、これを金型内に流し込むことで、各種試験片の成形が可能です。少量（～12ml）の材料で実験ができることから、研究開発の基礎検討に最適です。

(担当：有機材料係 大山)

機種

メーカー Xplore Instruments BV

型式 IM12

仕様

最大射出容量	12ml (溶融状態)
バレル最高温度	450 $^{\circ}$ C
金型最高温度	300 $^{\circ}$ C
最大射出圧力	16bar
金型	小形引張試験片 (JIS K7161-2-1BA) および短冊形試験片 (JIS K7139) の2個取り

ご存知ですか？ 日本酒の地域ブランド GI「滋賀」



GI「滋賀」認証シール



GI「滋賀」として販売している日本酒
GI「滋賀」記念発表会（主催：大阪国税局）から

酒類や農産品で、産地ならではの特性（歴史や品質、社会的評価等）が確立されており、その産地内で生産され、生産基準を満たした商品に、産地名（地域ブランド）を独占的に名乗ることができる地理的表示（GI）制度があります。

令和4年4月、滋賀県内で造られた日本酒が、地域の風土と結びついた特産品を保護するGI「滋賀」として指定されました。

日本酒の産地がGIに指定されるのは全国12例目で、関西2府4県では県単位での指定は滋賀県が初めてです。初年度は、22の蔵元の29銘柄が認定されました。

県内で収穫された米や水のみを使っていることなどを条件に、県酒造業協同組合の審査をクリアした日本酒にGI「滋賀」マークをつけて販売されています。

滋賀県産の日本酒は、米由来のふくよかな甘味とほどよい酸味、旨味を有しており、GI指定を受けることにより、ブランド力の向上に繋げ、国内外で幅広く認知される滋賀県産の日本酒について消費拡大を目指していきます。

工業技術総合センターでは、県酒造業協同組合が管理するGI「滋賀」の承認に必要な酒質成分分析や、きき酒審査会への審査を担当するなど技術協力を行っています。

今後は、吟吹雪や玉栄等の県奨励品種酒米・麴・水に加え、果実様の香りを生産する県オリジナル酵母によるオール滋賀での新製品開発を県酒造組合と各醸造所と協働で進め、GI「滋賀」認定酒として消費者に提供できることを目指します。

（担当：食品・プロダクトデザイン係 岡田）

