

Application News

マイクロフォーカスX線CTシステム inspeXio™ SMX™-225CT FPD HR Plus

マイクロフォーカスX線CTシステムを用いたウレタンフォームの観察

右田 かよ

ユーザーベネフィット

- ◆ 目的に合わせて拡大率を設定することで、さまざまな大きさの対象物を観察できます。
- ◆ 接着部のムラや接着界面の空隙を観察できるので、接着不良の原因分析が可能です。
- ◆ ウレタンフォーム内部の空隙体積や空隙の壁厚を同時に解析でき、品質向上に役立ちます。

■はじめに

ウレタンフォームは、緩衝、断熱、吸音、フィルターなど多様な性能を持つため、生活のさまざまな場面で使用されています。

フォーム内部の空隙形状、体積、空隙の壁厚は、フォームの特性に影響を与えるため、内部構造の観察や評価により、品質を管理する必要があります。また、フォームを接着することでさまざまな形状に対応できますが、接着部の剥がれによる機能低下の可能性があるため、品質管理のためには接着状態の把握も重要です。しかしながら、フォームを切断すると空隙形状や接着状態が変わるおそれがあるため、非破壊での検査が有効です。

X線CTは、ウレタンフォームの内部構造を非破壊で観察し、評価するために有効な手段です。本稿では、inspeXio SMX-225CT FPD HR Plus (図1) を用いて家電製品の梱包材を撮影し、接着部および空隙の解析を行った事例を紹介します。



図1 inspeXio™ SMX™-225CT FPD HR Plus

■撮影対象

今回は、ウレタンフォームの緩衝性を利用した家電の梱包材を対象に、X線CT撮影を行いました(図2)。このワークは、矢印に示す部品間が接着されています。(サンプル提供：化学物質評価研究機構様)

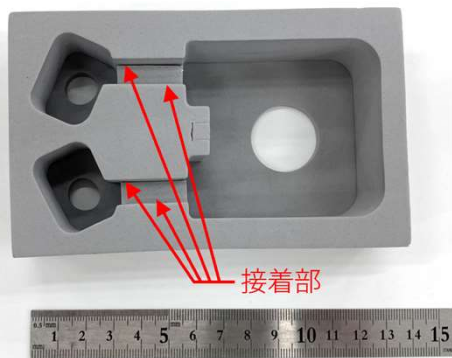


図2 家電梱包材

■撮影条件

接着部のムラなど、広い範囲の傾向を把握するためには、拡大率を低くして撮影する必要があります。一方で小さな箇所を解析するには、その大きさにあった分解能を得るために拡大撮影が必要です。そこで今回は、表1に示す3つの条件で撮影しました。拡大率を上げるとボクセルサイズが小さくなり、より細かいところまで捉えることができます。

接着部広範囲と接着部拡大の撮影では図3左に示すワークそのままの状態での撮影しました。また、空隙拡大撮影では必要な拡大率を得るため、図3右に示す約5mm角に切り出したフォームを用いて撮影を行いました。

表1 撮影目的・条件

	接着部 広範囲撮影	接着部 拡大撮影	空隙 拡大撮影
目的	接着部のムラなど全体的な傾向	接着部界面の詳細な観察	空隙や空隙壁など細部の解析
管電圧	200 kV	200 kV	120 kV
管電流	70 μ A	70 μ A	70 μ A
ビュー数	2400	2400	2400
撮影視野	98.7 mm	36.4 mm	5.8 mm
ボクセルサイズ	0.1mm	0.04 mm	0.006 mm

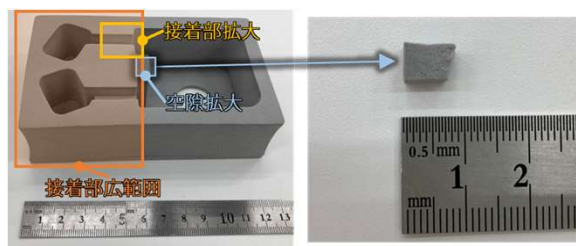


図3 撮影領域 (左：ワーク全体 右：ワーク切り出し)

■撮影結果 (接着部)

図4に、接着部広範囲撮影の断面画像を示します。接着部が白く、フォーム部がグレーで確認できます。一般的に密度が高い材質ほど白く映るため、フォームと比べて接着部の密度が高いと推測されます。

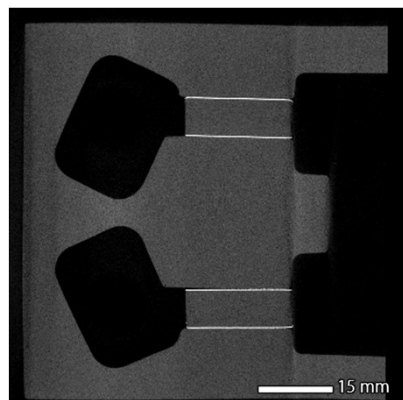


図4 接着部広範囲撮影 断面画像

VGSTUDIO MAX（オプションソフト）を用いて、3Dデータ化した画像を図5に示します。図5の右のように、接着部のみを抜き出せるので、接着ムラやヨレを一目で確認できます。一方で、接着部とフォームの断面（図6）を観察すると、解像度不足により界面の状態が判別困難であることがわかります。広範囲を撮影したデータは、全体の観察には適していますが、細部の観察には向いていません。

図7に、接着部拡大撮影で得られた断面画像を示します。外観で剥がれが見られた箇所の起点付近（図7の緑枠）を拡大してみると、一方の界面は空隙が少なく密着しており、もう一方の空隙の多い界面から剥がれていることが確認できました。剥がれの無い箇所（図7の黄色枠）についても、空隙の多い面と密着している面があり、空隙の多い面から剥がれる可能性が高いと推測できます。

図6右の拡大画像と図7右の拡大画像を比較すると、接着部とフォームの間にある空隙の判別のしやすさに大きな差があることがわかります。しかしながら、図7でもフォーム内部の小さな空隙はぼやけており、それを解析するにはさらに拡大して撮影する必要があると言えます。

このように、目的に合わせて拡大率を調整することで、接着部全体のムラや、接着部・フォーム間の空隙を観察できるため、接着不良の原因分析が可能です。

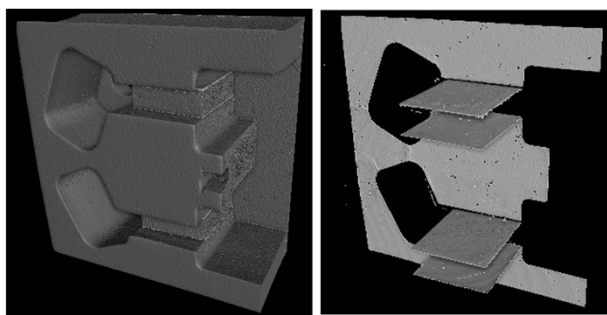


図5 接着部広範囲撮影 3D画像
(左：フォーム全体 右：接着部抜き出し)

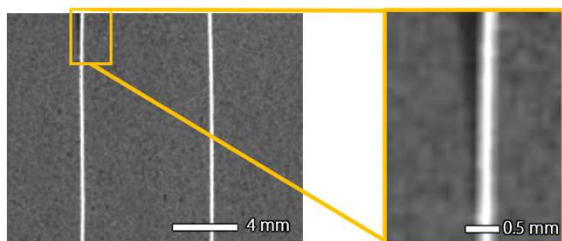


図6 接着部広範囲撮影 断面画像

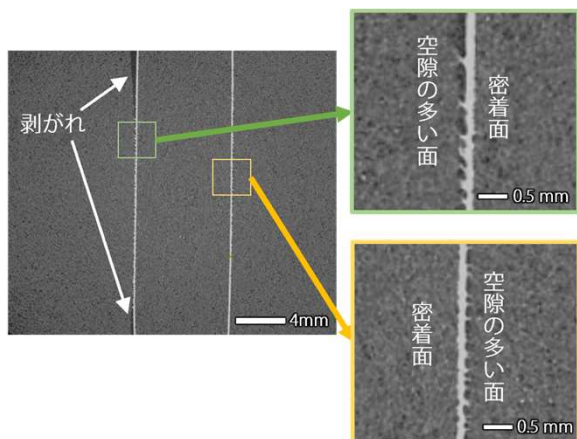


図7 接着部拡大撮影 断面画像

■撮影結果（空隙）

空隙拡大撮影の断面画像を図8に示します。図7と比較して図8は個々の空隙が判別でき、空隙の多くが連通路であることがわかります。また、図7では確認できなかった、フォーム内部に点在する粒子状の物質も見られます（図8右）。

VGSTUDIO MAXには、多孔質体の空隙や、その壁厚を解析できるフォームパウダー解析という機能があります。この機能は、連通路を分割して体積ごとに色分けしたり（図9）、体積分布のヒストグラムを出力したり（図10）することが可能です。関連アプリケーション（No. N138）では5 mm³以下の空隙を解析していますが、今回のようにワークを小さく切り出し、拡大撮影することで0.005 mm³以下の空隙も解析できます。

さらに、同機能を用いて空隙の壁厚を解析した事例を図11に示します。図9の空隙体積と同様に、壁厚ごとに色分けした画像が得られます。このように、体積と壁厚を同時に解析できるため、緩衝性などフォームの特性評価に有用です。

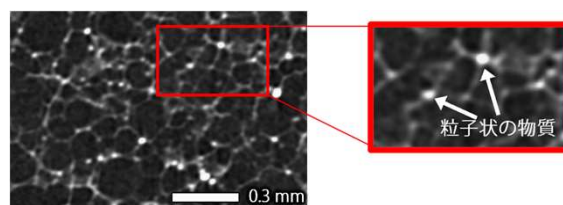


図8 空隙拡大撮影 断面画像

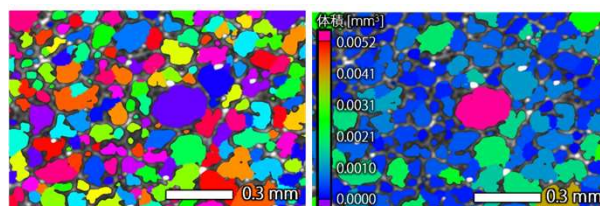


図9 フォームパウダー解析結果
(左：連通路の分割 右：体積ごと色分け)

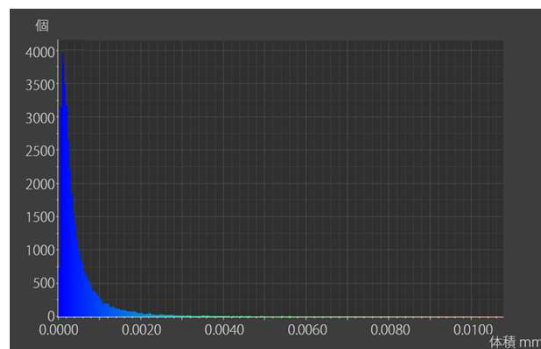


図10 空隙体積分布 ヒストグラム
(フォームパウダー解析使用)

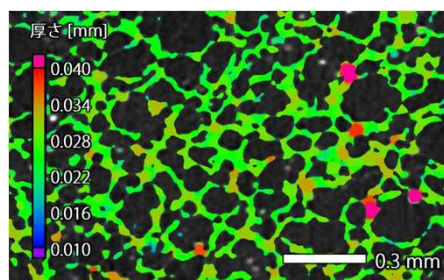


図11 空隙壁厚 解析結果（フォームパウダー解析使用）

最後に、空隙拡大撮影の3D画像を示します（図12）。空隙の体積ごと、壁厚ごとの色分けの他、図8に示した粒子状の物質に任意の色をつけることもできるので、それぞれ位置や分布を立体的に観察できます。今回は実際に使用されている市販品の梱包材を撮影したため空隙体積、壁厚、添加物いずれも均一に分布しています。製品開発や不良検査の際には、これらの分布をまとめて観察・解析できるので、品質の評価に有用です。

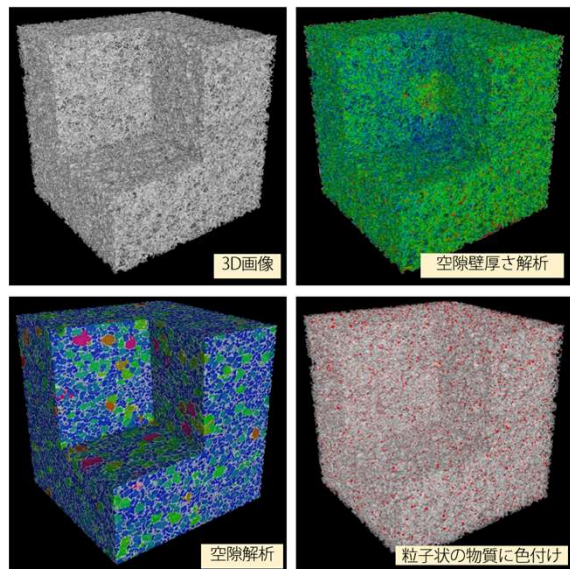


図 12 3D画像

■ まとめ

接着部のあるウレタンフォーム（家電梱包材）について、マイクロフォーカスX線CTシステムを用いて接着部の観察と空隙の解析を行いました。観察目的に合わせて撮影条件を調整することで、接着部の広い範囲の観察から細かい空隙の解析まで、さまざまなデータが得られます。接着不良の原因分析や空隙や壁厚の解析が可能ですので、ウレタンフォームの品質向上に有効です。

<謝辞>

本アプリケーションの作成にあたり、化学物質評価研究機構様には、試料のご提供など多大なるご協力をいただきました。心より感謝申し上げます。

<関連アプリケーション>

1. inspeXio™ SMX™-225CT FPD HR Plusによる食器洗浄用スポンジの観察 [Application News No.N138](#)

inspeXio、およびSMXは、株式会社島津製作所またはその関係会社の日本およびその他の国における商標です。

株式会社 島津製作所 分析計測事業部
<https://www.an.shimadzu.co.jp/>

01-00726-JP 初版発行：2024年 3月

島津コールセンター ☎ 0120-131691

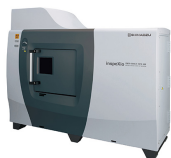
アンケート

本資料は発行時の情報に基づいて作成されており、予告なく改訂することがあります。
本文中に記載されている会社名、製品名、サービスマークおよびロゴは、各社の商標および登録商標です。
本文中では「TM」、「®」を明記していない場合があります。

© Shimadzu Corporation, 2024

＞ アンケート

関連製品 一部の製品は新しいモデルにアップデートされている場合があります。



＞ inspeXio
SMX-225CT FPD HR
Plus

マイクロフォーカスX線CTシステム

関連分野

＞ 工業材料・マテリアル

＞ ゴム - 工業材料/マテリアル

＞ 価格お問い合わせ

＞ 製品お問い合わせ

＞ 技術お問い合わせ

＞ その他お問い合わせ