

X線 CT スキャン測定サービス

小林 祐嗣^{*1} 山崎 裕大^{*2} 上島 秀作^{*3}
Kobayashi Yuji Yamazaki Yasuo Uejima Hidesaku

X線 CT スキャン測定サービスでは、X線 CT 装置で対象物の内部および外部の3次元形状を全て取得し、CT 像から内部欠陥の観察や、部品の嵌め合い部の測定など、さまざまな検査・計測が可能である。本稿では、X線 CT スキャンの原理および適用事例を紹介する。

キーワード：X線 CT、3次元計測、内部観察、3次元 CT、リバーエンジニアリング、欠陥解析、CFRP

1. はじめに

現在、X線検査技術は製品の内部欠陥、損傷、異物の探査に広く利用され、品質確保のツールとして必要不可欠となっている。当社においても、**図1**のような溶接構造物や鋳造品の放射線検査などの測定サービスに用いる放射線透過試験装置⁽¹⁾や、**図2**のような空港やイベント会場で使用されている手荷物検査装置の販売などを行っており、X線を用いた検査技術の適用範囲は幅広い。



図1 放射線透過試験装置



図2 手荷物用 X線検査装置

*1：計測事業部 計測技術部 磯子グループ
*2：計測事業部 計測技術部 磯子グループ 次長
*3：計測事業部 計測技術部 部長 博士(工学) 技術士(建設部門)

一方で、医療用として実用化されたCT装置は、産業用へも適用が拡大され進化を続けている。CTとはComputed Tomographyの略称で、X線などの光源を利用して得られた対象物の内部断層撮像を3次元画像に再構築したものである。コンピュータによる解析技術の高度化を背景に、物体の内部構造を知る手段として急速に利用が進んでおり、利用拡大のニーズを受け、毎年のように高性能で高機能な装置が販売されている。3次元的に製品イメージを認識しやすく、かつ内部全体の情報を精細に得ることができれば、メーカーにおける製品開発の段階や製品検査での欠陥の探査に向けて、X線CTは強力なツールとなり得る。一方で、装置導入に際しては費用の問題がある。使用頻度が多くない場合や、まれに試作品や製品損傷が起きた時などに手軽に内部構造を知りたい、急いで不具合の原因を明らかにしたいというケースも少なくない。このようなニーズを踏まえ、当社では産業用X線CT装置によるX線CTスキャン測定サービスを実施している。

2. 産業用 X 線 CT 装置の概要

図3に一般的な産業用X線CT装置の構成要素を示す。装置はX線源、回転テーブル、検出器

(ディテクタ)から構成される。回転テーブル上に設置された計測対象に向けて照射されたX線は、計測対象物に一部吸収され、残りは吸収されず透過し、ディテクタまで到達する。計測対象物の材質や厚さの違いはディテクタでの透過画像において濃淡となって現れる。また、異物や欠陥も、画像上、周辺と異なる濃淡を示すことで検出される。また、CT撮影では、計測対象を回転させて多方向から撮影し、多数(1000～2000枚)の透過画像をコンピュータでデータ処理し、輪切りのような断層像や立体的な3D像を構築することができる。これにより内部状況を視覚的に捉えることができる⁽²⁾。

X線CT測定は有用性の認知が進み、ニーズが幅広くなってきたため、現在、さまざまな仕様の装置が販売されている。装置の仕様を示す指標としては、照射できるエネルギーとフォーカスサイズが重要である。一般的に、照射できるエネルギーが大きいと、フォーカスサイズは大きくなる傾向がある。フォーカスサイズは、概して、ミリフォーカス、マイクロフォーカス、ナノフォーカスと分かれる。図4に示すように、フォーカスサイズが特定のサイズより大きいとぼやけた画像となり、フォーカスサイズが小さいと鮮鋭な画像が

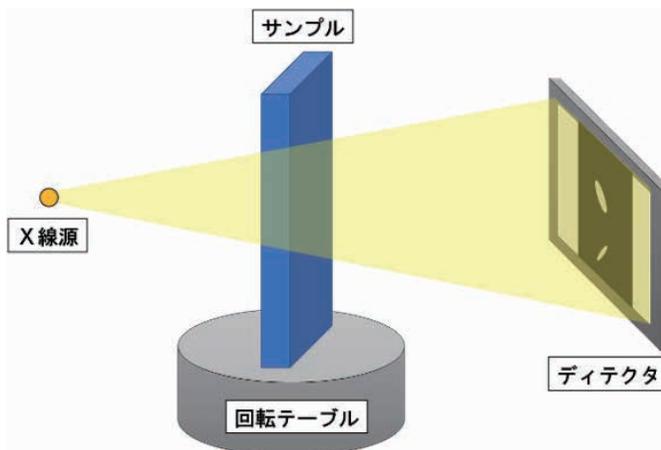


図3 X線CT装置 内部構成

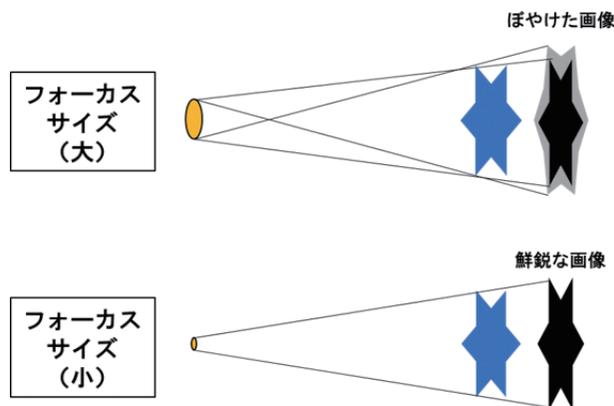


図4 フォーカスサイズと像の関係のイメージ

得ることができる。したがって、精細な画像を得るためにはフォーカスサイズの小さいものを選択する必要があるが、その場合、比較的厚いサンプルや重金属に対しては、X線エネルギーが不足しサンプルを透過できない場合があるので注意する必要がある。例えば、Glass Fiber Reinforced Plastics (GFRP) や Carbon Fiber Reinforced Plastics (CFRP) の繊維配向を鮮明に撮影したい場合はナノフォーカスやマイクロフォーカス CT 装置で撮影、厚みがあるサンプルや重金属を撮影したい場合は、マイクロフォーカスやミリフォーカス CT 装置で撮影するといったように、計測対象の特性に応じて最適な出力を有する装置の選定が重要である。単純なアルミ板を例とした場合、厚さに応じて図5

のような出力の装置を選択するのが一般的である。ただ、撮影対象(製品や部品など)は立方体のように厚さが一定となることは少なく形状もさまざまである。目的に沿った画像を得るには、現状ではある程度の経験や試行錯誤が必要となる。

3. X線 CT スキャン測定サービス

X線 CT スキャン測定において重要な点は依頼者の測定の目的を踏まえて最適な装置を選定することであるが、経験に基づく判断であるため依頼者にとって難しい場合が多い。その部分を依頼者に代わって選定、提案し、トラブルなどで早急に結果が必要の際に、複数ある計測機関の中から素早く結果を出せることが、X線 CT スキャン測定サービスの付加価値であると考えている。

現時点で当社がX線 CT 測定に用いる装置は、ナノフォーカスからミリフォーカス CT 装置のラインアップがある。450kV の高出力でありながら、かつ、フォーカスサイズが小さいマイクロフォーカス CT で、対象の大きさが1m 以上でも計測可能である。当社では、今までにゴム材や樹脂製品、CFRP などの複合素材、金属材(アルミ、磁石、銅)といったさまざまな製品に産業用 X線 CT 装置を適用した受託測定サービスを行っている。さらに、必要に応じて、CT 用ソフトウェアによる撮影

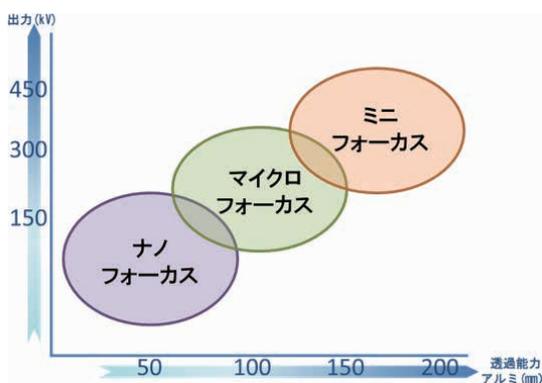


図5 厚さ(アルミ)を目安とした装置の選定

データの分析も提供している。例えば、外部から確認できない内部の仕上がりや、欠陥の位置や大きさなどである。このとき、当社のみならず IHI グループで所有している材料試験データ、損傷対応の専門的な考察、結果を踏まえた構造解析などのエンジニアリングを提供する。

4. CFRP 中の人工欠陥 撮影事例

ここでは、X 線 CT 測定による検討の一例を示す。図 6 に示す幅 80mm、厚さ 10mm 程度の板状の CFRP 材に、模擬欠陥として厚さ 1mm の空隙 (図 6 上部) とポリイミドフィルム (図 6 下部) を埋め込み、マイクロフォーカス CT 装置で撮影した。撮影結果の CT 像と 3D 像を図 7 に示す。CFRP 材は濃い灰色の範囲、空隙は黒色、ポリイミドフィルムは薄い灰色として現れており、撮影画像は織

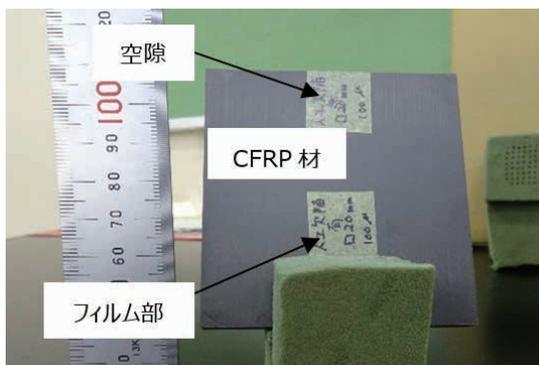


図 6 CFRP サンプル材 (人工欠陥あり)

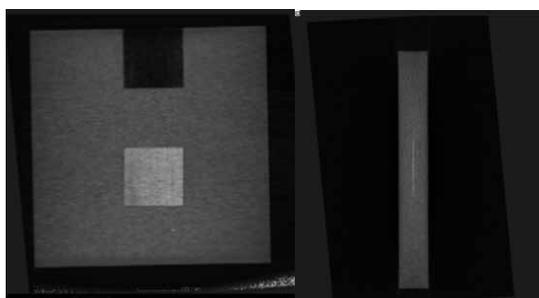


図 7 CFRP サンプル材
(左 : CT 像、右 : 3D 像)

細で、材質によるコントラストの差が明確である。また、図 8 に示すように一部を拡大することで、繊維状態を確認することも可能で、繊維配向の隙間 (図 8 赤枠内) などの情報も確認できる。CFRP 材は、繊維状態によりその機械的特性が変化するため、繊維状態を確認することは重要である。また、図 9 に示すように、X 線 CT で撮影し

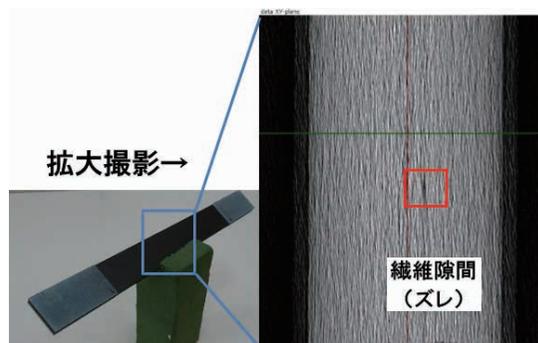


図 8 CFRP 材引張試験片繊維配向



図 9 X 線 CT を用いたリバースエンジニアリング

たデータから、STL(メッシュ)データを作成することで、CADモデルの作成、さらには、FEM解析に供する数値モデルの作成が可能である。すなわち、実物形状、内部状態を模擬した解析(CAE)が行うことができ、開発や設計の支援としてリバースエンジニアリングが可能である⁽³⁾。

5. おわりに

現時点でX線CTでの撮影が難しいとされる異種材料接合部や一般のCT装置では装置内に収まらない大型品など、特異な材料や形状でもX線CTで計測を行えるように検討をすすめ、依頼者の目的や要望に幅広く応えることができるサービスを目指している。

参考文献

- (1) 中町鴻、佐藤雅保、田北雅彦：デジタル放射線透過試験(D-RT)についてのIICの取り組み、IIC REVIEW、No.59、2018/04、pp.17-24
- (2) 富澤雅美、原拓生：産業用X線CTのしくみと検査・測定できること、測定誤差の要因とその影響、非破壊検査、Vol.68、No.5、2019
- (3) 紋川亮、横山幸雄、月精智子、三浦由佳：X線CTによる計測とリバースエンジニアリングへの応用、非破壊検査、Vol.68、No.5、2019



計測事業部
計測技術部
磯子グループ

小林 祐嗣

TEL. 045-759-2085
FAX. 045-759-2119



計測事業部
計測技術部 磯子グループ
次長

山崎 裕大

TEL. 045-759-2085
FAX. 045-759-2119



計測事業部
計測技術部 部長
博士(工学) 技術士(建設部門)

上島 秀作

TEL. 045-791-3518
FAX. 045-791-3541