

# X線CTの撮像データからのアーチファクトの除去

坪 井 瑞 輝\*<sup>1</sup>

## 【要 旨】

当センターではX線CTにより対象物を非破壊で断面画像を取得して観察することが可能である。

X線CT撮像においては観察を妨げるノイズ(アーチファクト)が発生することがあり、できるだけ除去することが求められる。今回アーチファクト除去を簡便に行うために、X線透過画像と、再構成した断面画像について相互に変換できる環境を構築し、実際にアーチファクトの除去を行った。

## 1 はじめに

当センターでは産業用マイクロフォーカスX線CTを設置している<sup>1,2)</sup>。本装置は管電圧最大230 kV、管電流最大600  $\mu$ Aの出力に対応している。これにより、プラスチックなどの樹脂からアルミ等の軽金属、さらにはX線遮蔽性能の高い鉄や銅でもX線透過画像を得ることができ、これらを用いた製品の内部を非破壊で観察することができる。X線CTを用いた非破壊検査では、撮像対象を任意の断面で切断した断面画像を取得することができる。本装置の外観を図1に示す。



図1 X線CTシステム TOSCANER-32300  $\mu$ FD;  
東芝ITコントロールシステム製

X線CT撮像では、対象にX線を照射しながら回転させることで360度にわたって透過画像を取得し、その情報をコンピュータで再構成するこ

とで内部の断面画像を取得する。

X線透過画像の撮像や、透過画像から断面画像への再構成の過程では様々なノイズが発生する。X線CTの断面画像に発生するノイズをアーチファクトと呼び、発生原因や見た目により分類される。例えば撮像対象が金属であることを原因として生じるアーチファクトを金属アーチファクトと呼び、回転動作に起因するリング状のアーチファクトをリングアーチファクトと呼ぶ。

金属アーチファクトは主に、金属をX線が透過した時に起こるビームハードニングという現象により生じる。ビームハードニングとは、金属を透過するときにX線のスペクトルから長波長成分が除去され短波長成分が多く残ることで、スペクトル全体の波長が短く(硬く)なる現象である。金属アーチファクトは再構成の際にビームハードニングの影響を見込んで再構成することにより軽減できる。

このようにアーチファクト補正については、断面画像に直接適用するのではなく、透過画像から断面画像への再構成の際にのみ適用することができるものがある。

実際の機器の利用形態にあつては断面画像のみ手元に残っており、透過画像のデータは残っていない場合が多い。このような場合には金属アーチファクトの除去など再構成と同時に行う処理を実施するためには、撮像済みの断面画像から透過画

\* 1 応用技術課 副主査

像を再度生成する必要がある。

今回当センターのX線CT装置の利便性向上のため、断面画像と透過画像の相互変換及びアーチファクト除去の適用について取り組んだ。

## 2 方法

X線CTにより撮像した断面画像から透過画像の再生成及び透過画像から断面画像の再構成とビームハードニング補正を行った。X線撮像のサンプルとして、図2に示す装置に付属のアルミファントムを使用した。本試料は最小直径5mmから最大直径100mmまでの高さ5mmのアルミ円柱を合計20段重ねた形状をしている。

本研究では直径50mmの円柱部分を使用して撮像を行った。

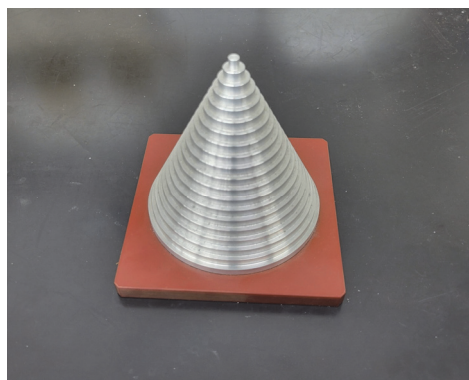


図2 アルミファントム

透過画像から各断面画像への変換は、CTの再構成に相当する。非破壊で撮像物の断面画像を取得可能にする重要な演算である。再構成のためのアルゴリズムは逆投影法やフーリエ変換法、逐次近似法などがあるが、本研究ではフィルタ補正逆投影法<sup>3)</sup>を使用した。また、Pythonでの再構成プログラムの作成にあたっては堀拳輔氏らによる「Pythonによる画像再構成と深層学習の基礎」<sup>4)</sup>を参考にした。

## 3 結果

アルミファントムについてX線透過画像および透過画像から再構成した断面画像を図3, 4に示す。

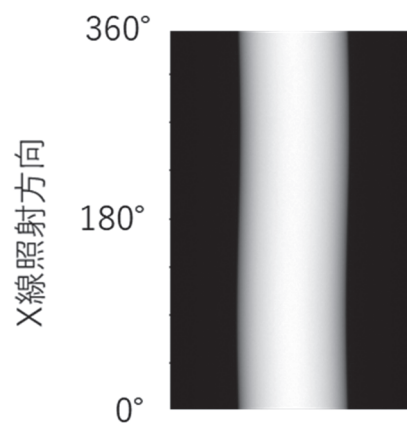


図3 アルミファントムのX線透過画像

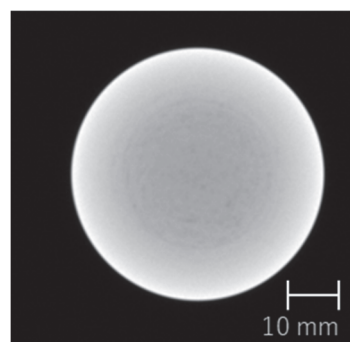


図4 アルミファントム断面画像

アルミファントムは一様なアルミ材で構成されているが取得された断面画像は周辺部が明るく（密度が高く）、中央は暗く（密度が低く）表示されている。

断面画像の中心を通る直線に沿って見た画像のグレイバリューの値を図5に示す。本来は矩形に近い形になる事が予想されるが、アーチファクトの影響により周辺部が切り立った形状をしている。

これはビームハードニングの影響によるもので、アルミファントム表面でX線の長波長成分の大半が吸収されることで、あたかもアルミファントムの表面のX線吸収率が大きいように見えてしまっている。

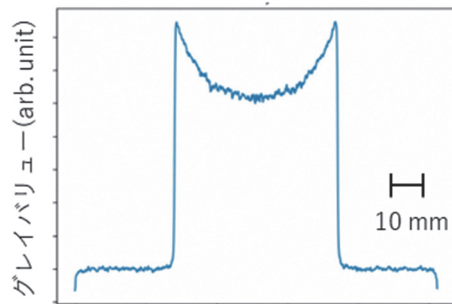


図5 断面画像のグレイバリュー

ビームハードニングによるアーチファクトは透過画像から断面画像に変換する際に補正を行う事で軽減できる。断面画像の再構成に際し、X線CT装置の付属ソフトに搭載されているビームハードニングを補正する機能を使用しアーチファクト除去を行った場合の断面画像およびグレイバリューを図6, 7に示す。ビームハードニング補正を行ったことで、取得された断面画像は実際のアルミファントムの形状に近いものになっている。

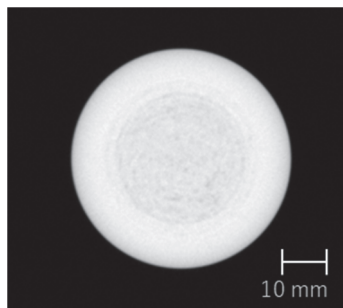


図6 アルミファントム断面画像(BHC有効)

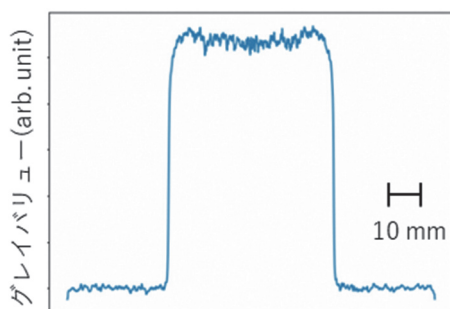


図7 アルミファントム断面のグレイバリュー (BHC有効)

断面画像に対して同様の処理を適用するためには、まず透過画像を再生成する必要がある。透過画像を生成するためには、断面画像から各方向へのX線減衰率を求めればよく、図8に示すように画像のグレイバリューを各方向に積算することで求めた。

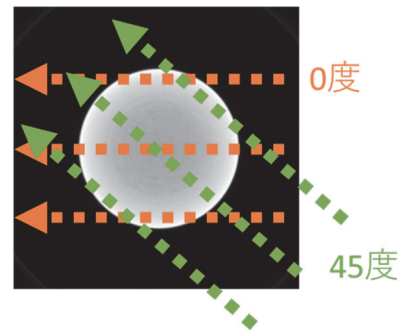


図8 断面画像から透過画像の計算(矢印方向に画像の濃淡値を積算する)

金属アーチファクトのあるアルミファントムの断面画像(図4)からX線透過画像の再生成を行った結果を図9に示す。

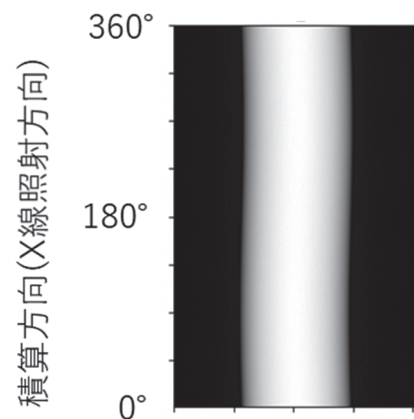


図9 断面画像から再生成した透過画像

元の直接撮像した透過画像(図3)とほぼ同様の結果が得られた。

さらに再生成した透過画像からビームハードニングを補正して断面画像の再構成を行った結果を図10, 11に示す。

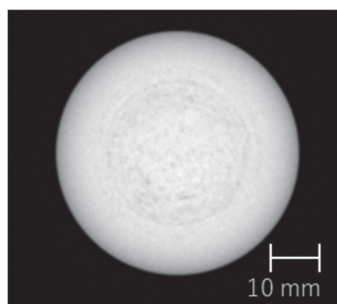


図10 再生成した透過画像からビームハードニング補正を行って再構成したアルミファントム断面画像

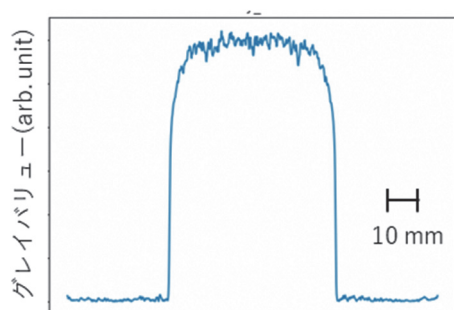


図11 再生成した透過画像からビームハードニング補正を行って再構成したアルミファントム断面のグレイバリュー

装置に付属のソフトからビームハードニング補正を行った場合と同様に、周辺部のピークが改善された。

元のX線透過画像を使用しなくとも、断面画像

から透過画像を再生成することでアーチファクト除去を適用できることを確認できた。

#### 4 まとめ

当センターで使用しているX線CTの装置について、透過像と断面画像の相互変換を撮像後に行うことができる環境を構築した。

さらに、撮像後の断面画像からビームハードニングの補正を行って金属アーチファクトを除去できることを確認した。

撮像後にもノイズ除去が行えるようになったことで機器の利便性向上に貢献し、利用者の課題解決につながることを期待できる。

#### (参考文献)

- 1) クリエイティブ京都 M&T “マイクロフォーカスX線CTシステムによる非破壊検査”，No. 119, p13 (2016)
- 2) 京都府中小企業技術センター ホームページ 機器紹介 “マイクロフォーカスX線CTシステム” <https://www.kptc.jp/kiki/509/>
- 3) 戸田浩之：X線CT：産業・理工学でのトモグラフィー実践活用，共立出版（2019）
- 4) 堀拳輔，橋本雄幸，篠原広行：【画像再構成シリーズ】Pythonによる画像再構成と深層学習の基礎，医療科学社（2023）