

## 放射光マイクロ CT における画質向上の試み

米山 明男<sup>1</sup>、馬場 理香<sup>2</sup>、河本 正秀<sup>1</sup>

<sup>1</sup>九州シンクロトロン光研究センター、<sup>2</sup>(株)日立製作所研究開発グループ

放射光マイクロ CT のリングアーチファクト低減を目的として、サイノグラム上における 2 方向フィルターを新たに開発した。本フィルターは縦方向のハイパスフィルターと横方向のローパスフィルターで構成されており、CT 値と空間分解能を維持したままリングアーチファクトを低減することができる。BL07 のマイクロ CT で取得した CT データ (E=10 keV, 8 秒/投影像, 1000 投影/360 度、キウイの種) に本フィルターを適用した結果、リングアーチファクトを大幅に低減することができた (下図)。また、ラインプロファイルから空間分解能と CT 値を評価した結果、フィルター適用前後で大きな差がないことがわかった。

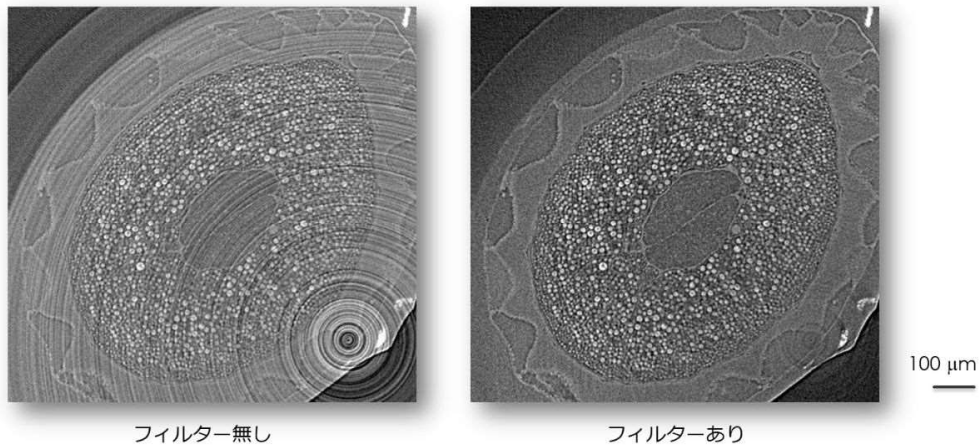


図 キウイの種 (水中) の CT 断面像  
(E=10 keV, 8sx1000pro, Csl, X5 lens)

# 放射光マイクロCTにおける画質向上の試み

米山 明男<sup>1</sup>、河本 正秀<sup>1</sup>、馬場 理香<sup>2</sup>

<sup>1</sup>九州シンクロトロン光研究センター

<sup>2</sup>(株)日立製作所研究開発グループ



## 概要

放射光マイクロCTで計測した再構成断面像に生じるリング状のアーチファクト（リングアーチファクト）の低減を目的として、サイノグラム上における「2方向フィルター」を新たに開発した。本フィルターは縦方向（回転軸）のハイパスフィルターと横方向のローパスフィルターで構成されており、空間分解能とCT値を維持したままアーチファクトを低減することができる。BL07のマイクロCTシステムで取得したデータに本フィルターを適用した結果、リングアーチファクトを大幅に低減することができた。さらに、ラインプロファイルから空間分解能とCT値を評価した結果、フィルター適用前後で大きな差がないことがわかった。

## 1. 放射光マイクロCT

九州シンクロトロン光研究センターにおけるマイクロCTシステムは、平行ビーム照射系（サンプルと検出器の距離を数mmまで短くすることで高い空間分解能を実現する光学系）を採用し、装置は光源、二結晶分光器、1 $\sigma$ 用イオンチャンパー、サンプル位置決め機構、及びX線画像検出器（Kenvy2）から構成されている（図1）。

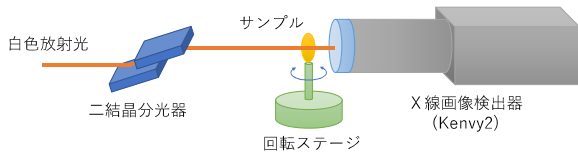


図1 マイクロCTシステムの構成。

Kenvy2は、入射X線を可視光に変換する蛍光体、可視光用のレンズ系、及び可視光用sCMOSカメラから構成されている（図2と表1）。蛍光体としてCsI、GAGG、及びLuAG等の結晶を使用しているが、結晶欠陥や傷が存在するとX線強度と可視光強度が比例関係から外れ、再構成した断面像には多数のリングアーチファクトが現れる。

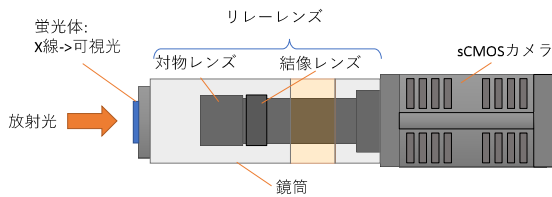


図2 Kenvy 2の模式図。放射光を蛍光体で可視光に変換して検出。

表1 Kenvy 2の主な仕様

sCMOS画素サイズ	6.5 ミクロン
対物レンズ倍率	x5 or x10
実効画素サイズ	1.3 or 0.65 ミクロン
画素数	2048x2048
観察視野	2.6x2.6 or 1.3x1.3 mm <sup>2</sup>

## 2. CTにおける処理方法

上記システムで取得したCTデータは、放射光の高い平行性を利用して、以下の処理により断面スライス像毎に再構成を行っている（図3）。

- ① 各投影像を背景画像で除算し、 $-\ln$ を計算
- ② 投影像群からサイノグラムを作成
- ③ サイノグラム上でフィルター処理（Shipp-Logan関数）
- ④ 処理したサイノグラムを用いて断面像を再構成（逆投影）

上記処理過程において、蛍光体によるノイズは、サイノグラム上に縦のラインになって表れる。

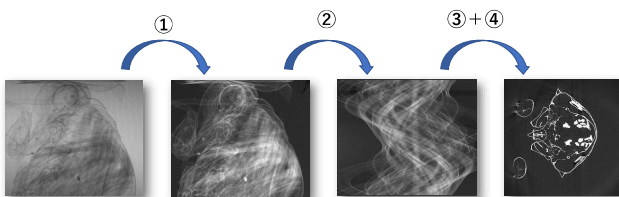


図3 断面像の再構成方法。放射光の高い平行性を利用してスライス毎に処理（②、③、④）を実施している。

## 3. 2方向フィルター処理

アーチファクト（サイノグラム上の縦線）を低減するために、縦方向のハイパスフィルターと横方向のローパスフィルターを組み合わせた「2方向フィルター」を開発した（図4）。2方向を組み合わせることで、空間分解能とCT値を維持したままリングアーチファクトを大幅に低減することが可能になる。

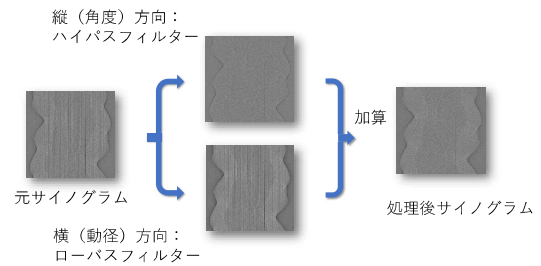


図4 サイノグラム上における「2方向フィルター」。

## 4. 「2方向フィルター」の適用結果

マイクロCTで取得したデータ（キウイの種、E=10 keV, 8秒/投影像, 1000投影/360度）に本フィルターを適用した結果を図5に示す。リングアーチファクトを大幅に低減できていることがわかる。図6にはマウス大腿骨のCTデータを利用して、フィルター適用前後の空間分解能（ラインプロファイル）とCT値を評価した結果を示す。アーチファクトを大幅に低減しつつ、空間分解能及びCT値は影響を受けないことがわかる。

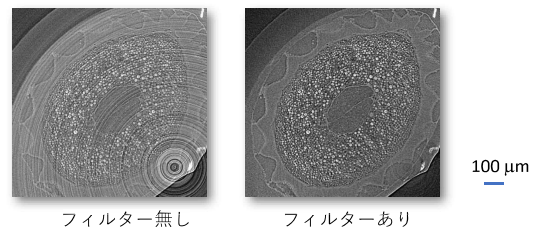


図5 キウイ種のCTデータに「2方向フィルター」を適用した結果。

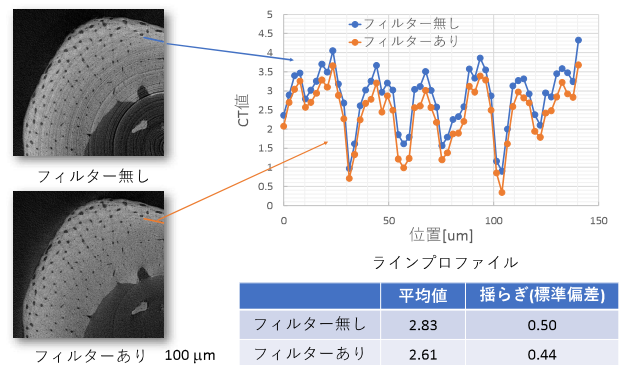


図6 マウス大腿骨のデータを用いた空間分解能とCT値の評価結果。フィルターによる影響はほぼないことがわかる。

## 5. まとめ

マイクロCTのリングアーチファクト低減を目的として、「2方向フィルター」を新たに開発した。CTデータに適用した結果、空間分解能とCT値を維持したまま、アーチファクトを大幅に低減することができた。現在、ユーザー利用に本処理系の提供を開始している。