

シンクロtron光高度CT技術とその応用

あいち産業科学技術総合センター
杉山 信之, 福岡 修, 榊原 啓介

緒言

X線CTは、X線を利用して物体を走査した情報を元に、コンピュータを用いて処理し、物体の3次元の内部構造を画像として構成する技術である(図1)。一般的に用いられるのはX線の吸収量を画像化する吸収CTであるが近年は位相情報を取得し3次元情報に変換する位相CTも行われるようになってきている。位相の情報の取り出し方いくつか種類があり、屈折コントラストCTはその1種である(図2)。

本発表では、知の拠点あいち重点研究プロジェクトⅢ期のテーマ「革新的シンクロtron光CT技術による次世代モノづくり産業創成」においてBL8S2に整備された、この屈折コントラストCTについて、その測定例を増やしてBL8S2の屈折コントラストCTの紹介が出来るようにするとともに、試料調製のコツや屈折コントラストCT測定に向く試料等の情報を共有し、容易に測定できる技術として普及させることを目的とする。

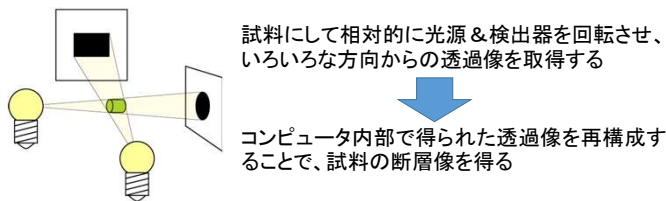


図1 X線CTの原理

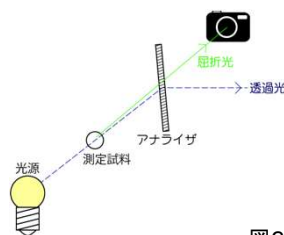


図2 屈折コントラストCTの原理

実験内容

表1 比較した測定手法と測定試料・試料調製方法

BL8S2 屈折コントラストCT

倍率	1倍	3.54倍
画素サイズ	5.5 μm	1.5 μm
視野範囲(横)	φ25.3 mm	φ7.1 mm
視野範囲(縦)	H14.3 mm	H4.0 mm
測定時間	2~4時間	6~7時間
エネルギー	典型的には19.8 keV	

3次元X線顕微鏡(nano3DX)

X線ターゲット: Cu, Mo
管電圧: 40 kV
管電流: 30 mA
最高空間分解能: 0.8 μm (視野0.9 mm × 0.7 mm)
最大視野: 14.4 mm × 10.8 mm

マイクロフォーカスX線CT(SMX160LT)

X線源: LaB₆フィラメント
焦点0.4 μm
最大加速電圧: 160 kV
平面CT装置

測定試料

大豆ミート	φ3 mmのカプトンチューブに入れてUV硬化樹脂で固めた後、φ10アクリルチューブにアガロースゲルで固定 倍率1倍	φ3mmのカプトンチューブに入れて測定 視野範囲 3.6 mm × 2.8 mm 画素サイズ 2.16 μm	試料台上に直接置いて測定
炊飯米	マイクロチューブに入れて脱気したUV硬化樹脂にそっと沈めてUV照射 倍率3.54倍	マイクロチューブに入れて測定 視野範囲 3.6 mm × 2.8 mm 画素サイズ 2.16 μm	試料台上に直接置いて測定
たまねぎ	あらかじめ脱気した玉ねぎを同じく脱気して溶かしたアガロース溶液に入れて固定 倍率1倍	試料固定ピンに固定して測定 視野範囲 3.6 mm × 2.8 mm 画素サイズ 2.16 μm	試料台上に直接置いて測定

結果と考察

	屈折コントラストCT	3次元X線顕微鏡	マイクロフォーカスX線CT
大豆ミート	 大まかな構造はみられるものの、詳細な構造は、分解能が足りないのか、ぼやけて観察された	 細い網目構造もきれいに撮影できた。空隙率や空隙サイズ分布等の解析に耐える画像だった。	 網目構造はきれいに測定できたリングアーチファクトが目立つ視野がやや狭い
炊飯米	 内部から出てくる気泡がアーチファクトとなり、詳細な構造観察ができなかった	 長時間露光の間に水分の出入りがあり、正しく再構成を行うことができない状態だった	 米内部にできた空隙は観察できたものの、それ以外の構造は見られない。
たまねぎ	 細胞壁を観察することができた。核などの内部の構造は分解能が足りずに観察できなかった	 ほとんどコントラストが得られず、細胞壁等の構造も見られなかった	 細胞壁なのかは不明だが、壁で囲まれた構造は観察できた。

結論

- CT測定の条件を決めるときは、必要となる分解能を意識し、ボクセルサイズ等の条件を選択する。
- 水分を多く含む試料は、位相CT、吸収CTともに水の出入りが問題となり、長時間の露光は難しい。
- 屈折コントラストCTでは、空気の混入が大きなアーチファクトとなるため、試料調製時に試料内外から空気を追い出すことを考える必要がある。
- 屈折コントラストCTは分解能の点で吸収CTと比較して不利なので、吸収CTではコントラストが出にくく、かつ屈折コントラストCTでも測定できると考えられるものが最適となる。