

(様式第5号)

生体模擬サンプルを用いた高速X線CT撮影の基礎的な検討(8)

Feasibility study of fast X-ray CT imaging
using simulation living-body samples (8)

馬場理香、米山明男

Rika Baba, Akio Yoneyama

(株)日立製作所 研究開発グループ、九州シンクロトロン光研究センター

Research and Development Group, Hitachi Ltd.,

Kyushu Synchrotron Light Research Center

1. 概要 (注：結論を含めて下さい)

従来の放射光を線源とする単色X線CT計測系では1回転の撮影に数時間を要しており、撮影中に被写体が乾燥や熱で変形するという課題があった。これに対し本研究では、高速CTを目的として、被写体を回転することなく内部の断面像を取得可能な手法である後方散乱X線撮影法を検討する。今回の実験では、下顎を模擬した台座上にセラミック製の模擬歯と金属製の模擬インプラントを配置したサンプルを準備し、放射光による単色X線を用いた撮影系において後方散乱X線の撮影を試みた。弾性散乱成分と非弾性散乱成分を比較した結果、模擬歯と模擬インプラントで違いが得られた。

Conventional monochromatic X-ray computed tomography (CT) imaging system using synchrotron radiation (SR) has a problem that measurement time is long and samples are transformed by drying and heat. A purpose of this study is to develop a fast CT imaging method using back-scattering X-rays for detecting the internal three-dimensional images without rotation of a subject. An experimental system with monochromatic X-rays of SR was developed, and a simulation mandibular sample with a ceramic tooth and a metallic implant screw was measured. As a result of comparing elastic scattering X-rays with inelastic scattering X-rays, the difference between the ceramic tooth and the metallic implant was obtained.

2. 背景と目的

被写体の3次元的な内部構造を非破壊で計測するニーズは大きく、医療および工業分野で超音波、磁気、レーザー、赤外線など様々な技術が開発されている。その中で、X線計測はリアルタイムで高精細な画像を得ることができることから医療分野で救急対応や治療支援に用いられており、近年のカテーテル術や内視鏡術の普及に伴い利用の場が拡大している。また、工業分野においては、対象の状態を保ったまま内部の異常や劣化を動画や断面像として観察できることから、X線計測は製品の品質管理において重要な役割を担っている。

被写体内部の構造を非破壊で3次元的に観察する手法として、X線Computed Tomography (CT)がある。本法はX線が被写体を透過する際に生じた強度の変化を画像化しており、密度に関する情報を得ることができるため、密度変化を伴う形状や構造など形態の観察に優れている。CTで3次元画像を得るためには、被写体を1回転させて様々な方向からの撮影像を取得する必要がある。これに対し、これまでの放射光を線源とする単色X線計測系では1回転の撮影に数時間を要しており、撮影中に被写体が乾燥で変形したり、熱で変質するという課題があった。

本研究では、この課題を解決するために、被写体内部の3次元断面像を非破壊で取得する高速撮影手法を検討する。これまでに、高速な読み出しが可能で検出感度の高い面検出器と、短い露光時間で十分なX線量を照射する準単色X線光源を用いた高速撮影系を構築し、生体模擬サンプルの3次元観

察を可能とした[1]。次に、被写体を回転することなく内部の断面像を取得可能な手法として、後方散乱X線撮影法を検討する。今回の実験では、放射光を用いた単色 X 線による後方散乱撮影系において、模擬歯と模擬インプラントをはめ込んだ模擬下顎ファントムの観察を試みる。

3. 実験内容（試料、実験方法、解析方法の説明）

放射光を用いた単色 X 線を X 線源とする後方散乱 X 線撮影系を構築した。撮影系の概要を図 1 に、装置の仕様を表 1 に示す。全波長の放射光を二結晶分光器で単色化して X 線源として用い、被写体から X 線源側に散乱した X 線を検出する。

今回構築した後方散乱 X 線撮影系では、単色 X 線を用いることで、X 線のエネルギーに対する特性および被写体の原子番号に対する特性を明確にする。X 線の領域を限定するために、X 線源の出力をコリメータで絞り、被写体の正面から X 線を照射する。被写体から生じる散乱 X 線を高精度で検出するために、エネルギー分解能の高いシリコンドリフト検出器（Silicon Drift Detector: SDD）を用いる。X 線の入射方向の正面に検出器がある角度を 0°とし、検出器を X 線側に 135°まで回転させることで、被写体から生じる後方散乱 X 線を計測する。被写体を水平および垂直方向に平行移動させ、各位置で計測を行いながら被写体全体をスキャンすることで画像を取得する。

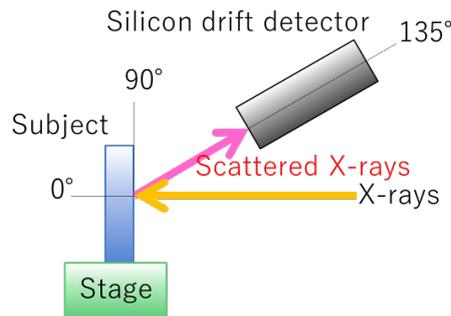


図 1 撮影系

表 1 装置の仕様

X-ray source	Monochromatic X-ray Energy: 20keV
Collimator	Size: 0.5 x 0.5mm
Detector	Amptek Fast SDD (CdTe) Gain: 30, Shaping time: 2.0μs
Scan	Area: 41.5 x 13.0mm

4. 実験結果と考察

セラミック製の模擬歯と、金属製の模擬インプラントのスクリー部分をはめ込んだ下顎ファントムを作成し、図 1 に示す後方散乱撮影系を用いて撮影を行った。エネルギー20keV で撮影した後方散乱 X 線画像から、弾性散乱成分と非弾性散乱成分の画像を求めた結果を図 2 に示す。

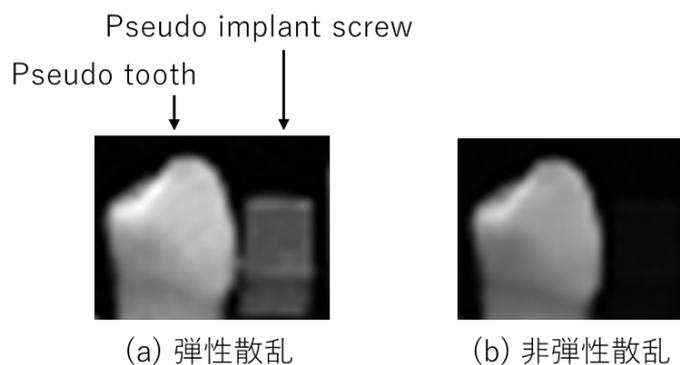


図 2 下顎ファントムの後方散乱 X 線画像

図2の画像において、セラミック製の模擬歯は弾性散乱成分画像と非弾性散乱成分画像の両方で描出されているが、金属製インプラントは弾性散乱成分画像のみで描出された。これは、非弾性散乱成分であるコンプトン散乱が原子番号の大きい重い元素ほど生じ難くなるという文献[2]の結果と一致する。弾性散乱成分と非弾性散乱成分を比較することで、模擬歯と模擬インプラントの区別が可能と期待できる。

5. 今後の課題

今後の実験では、照射する X 線のエネルギーを変えて散乱 X 線画像を撮影し、歯とインプラントを区別するために最適なエネルギーの検討を行う予定である。

6. 参考文献

- [1] ECR2019 proceedings DOI:10.26044/ecr2019/C-2040,10.26044/ecr2019/C-1218(2019)
- [2] Novel Z_{eff} imaging method for deep internal areas using back-scattered X-rays, Scientific reports, 9, 18831(2019)

7. 論文発表・特許

ECR2024 予定

8. キーワード

単色 X 線、後方散乱 X 線、弾性散乱、非弾性散乱

9. 研究成果公開について

- ① 論文(査読付)発表の報告 (報告時期: 2024年3月)