

# 光学解析を用いたアーチファクト推定手法の開発

株式会社 AIS 北海道 ○岡村 優志, 上出 英輔, 森田 好人, 高嶋 英敏  
北海道大学 伊達 宏昭, 金井 理

## 要旨

X線 CT 装置を用いた非破壊検査では撮像時や再構成後に表れるアーチファクト(AF)が問題となる。解析的なアプローチにより AF が再現できると、発生要因の推定や低減手法の検討に役立てることができる。一方で、撮像時に影響する透過、吸収、反射等の特性は X 線と同じ電磁波である光にも表れる。そこで本研究では、撮像時の X 線と光の特性の類似性に着目し、光学解析を用いた疑似透過画像の生成を試みた。

### 1. はじめに

近年、X線 CT 計測や光学式計測に代表される非接触三次元計測は、工業製品の非破壊検査やリバースエンジニアリングなどに活用されている。特に X 線 CT 計測は、工業製品の内部形状を非破壊で計測できる唯一の手段であり、高出力化などで計測可能範囲を広げる努力が行われている。しかし、そのメカニズムから撮像時や再構成時に AF が生じて正しい計測結果が得られないことがある[1]。これを解決するために、計測物の姿勢や X 線出力値などから AF を抑制できる最適条件を探索するトライ&エラーが行われているが、リードタイムが長くなるという課題がある。そのため、AF を迅速に把握し抑制する手法が求められており、コーンビーム AF やメタル AF などの AF タイプに応じた抑制手法が研究されている[2][3]。また、解析的なアプローチが研究されており、事前に計測条件を決定できることから、AF 推定にも効果が期待できる[4]。そこで本研究では、解析的なアプローチの一つとして、撮像時の透過、吸収、反射等の現象が X 線と同様に光にも生じることに着目し、光学解析により疑似透過画像を生成して AF を推定する手法を開発する。本報告では、アルミ試験片に対する疑似透過画像の生成を試みた結果を報告する。

### 2. 光学解析による X 線 CT 計測の再現

図 1 に X 線 CT 装置を示す。X 線 CT 装置は主に X 線源、計測物設置テーブル、検出器から構成され、テーブルに設置した計測物に対して X 線源から X 線を照射する。検出器では、計測物の吸収係数と厚みに応じて強度が変化する X 線をデジタル画像に変換することで透過画像が得られる。これらの X 線 CT 装置のメカニズムを光学解析上で再現する。光学解析には幾何光学解析、波動光学解析、電磁光学解析などの種類があるが、本研究では光源から受光部に向けて照射される光線の軌跡を計算する幾何光学解析の一種である順光線解析を選択した。図 2 に光学解析全体の概要を示す。X 線源を模擬した光源を設定し、計測物は同一形状の CAD データをインポートしてテーブルの中心位置に配置する。光源から円錐状に照射された光線の照度は計測物の材料/形状/寸法に応じて変化し、計測物内を通過する距離が長いほど光線の照度は小さくなる。検出器を模擬した平板(以下、受光部と呼ぶ)に照射される光線の照度をグレースケールで表示することで、X 線 CT 計測で得られる

透過画像を模擬した疑似透過画像が得られる。

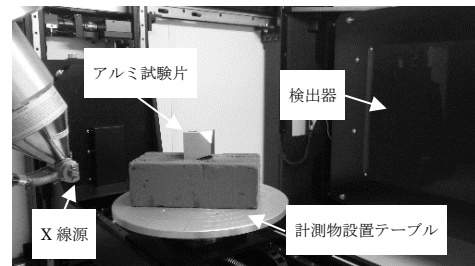


図 1 X 線 CT 装置

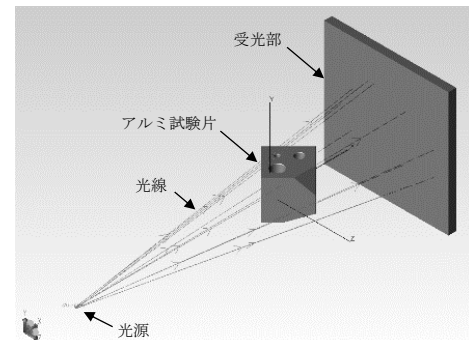


図 2 光学解析全体の概要

### 3. アルミ試験片の X 線 CT 計測シミュレーション

光学解析ソフトウェアには Lambda 社 TracePro を使用した。光学解析に用いた主な条件を表 1 に示す。計測物の吸収係数を材料から一意に決めることができなかつたため、実際の透過画像に疑似透過画像が近づくよう、結果を目視で比較しながら調整した。X 線に対する物質の屈折率は 1.0 より僅かに小さい値となることが知られているが、本研究では計測物の屈折率は 1.0 とした。光学解析結果と解析リソースに影響を及ぼす光線数は、計測物がない状態で光線数を変えたときの光学解析の結果から決定した。図 3 に光線数の影響比較結果を示す。光線の照度の明暗が明瞭で、解析リソースとしても問題のない (c) の 2000×2000 本に決定した。計測物には図 4 に示すアルミ試験片を用いた。直径の異なる複数の穴があることや角が切り落とされていることから、形状/寸法による光線の照度の違いが表れやすいと想定される。比較対象となる透過画像は、表 2 の計測

条件により計測した。

表 1 光学解析条件

ソフトウェア名	TracePro
光源から計測対象までの距離	250mm
計測対象から受光部までの距離	150mm
光線数	2000×2000 本
1 光線あたりの光束	1W
波長	0.5461μm
照度マップピクセル数	2000×2000pixel
FFT グリッド	128×128
屈折率	1
吸収係数	0.05mm <sup>-1</sup>

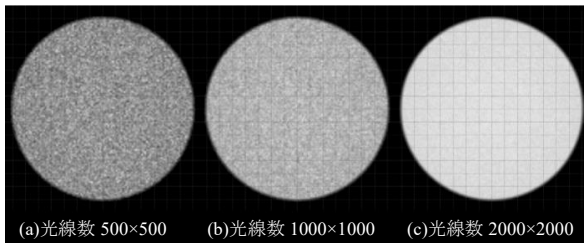


図 3 光線数の影響比較結果

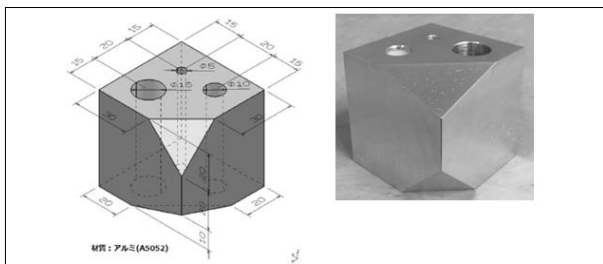


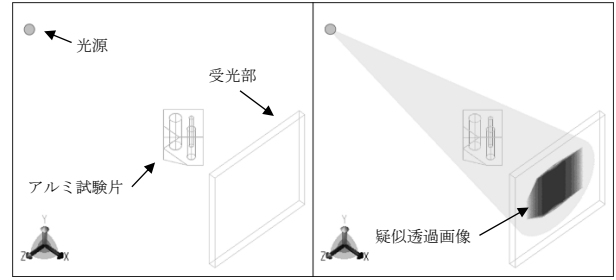
図 4 アルミ試験片

表 2 X 線 CT 計測条件

装置名	XT H 225 ST
X 線設定	220kV
	425uA
X 線フィルターマテリアル	Cu
ディテクタピクセルサイズ	0.2mm
画像サイズ	2000×2000pixel

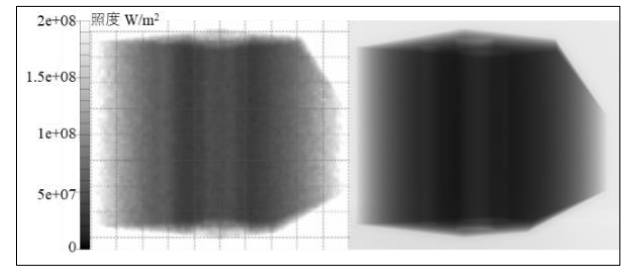
#### 4. 光学解析結果

図 5 に光線の軌跡を示す。光源から照射された光線が受光部に到達する様子が確認できる。今回のアルミ試験片の配置では、光軸から Z 方向に離れるほど光軸方向の厚みが減少するために光線の照度が高く、穴のある位置も周辺に比べて厚みが減少することから光線の照度が高くなる。図 6(a) に光学解析で得られた疑似透過画像、(b) に X 線 CT 計測で得られた透過画像を示す。両結果を比較すると、疑似透過画像は透過画像に比べて全体的に解像度が低い結果となっているが、明暗が同じ傾向を示すことを確認できた。



(a) 光線照射前 (b) 光線照射後

図 5 光線の軌跡



(a) 疑似透過画像 (b) 透過画像

図 6 光学解析結果と X 線 CT 計測結果

#### 5. 終わりに

本研究では、光学解析による X 線 CT 計測の再現を目的に、アルミ試験片を対象とした光学解析を行い、疑似透過画像と透過画像を比較した。アルミ試験片の形状／寸法に応じて透過画像に表れる明暗が疑似透過画像にも確認できたことから、AF の推定への活用が期待できる。今後の課題に吸収係数の同定と解像度の向上がある。吸収係数は透過画像と疑似透過画像との目視比較から決定したが、計測物の材料、X 線と光の類似性から定式的に同定できると考えられる。解像度は、事前に確認した光線数や受光部のピクセル数が影響していると考えられる。これらの課題について、継続した調査を行い、本研究の次の段階である、疑似透過画像を用いた再構成を試みる。

#### 参考文献

- [1] 杉本, 臼井, 高嶋, 伊達, 金井, X 線 CT と光学式計測データを併用した高品質ハイブリッド計測モデル生成技術の開発, 精密工学会北海道支部講演論文集, pp.89-90, (2017)
- [2] 加納, 小関, X 線 CT 画像における逐次近似法を用いたメタルアーチファクト低減, 計測自動制御学会論文集, 51 巻, 12 号, pp.836-844, (2015)
- [3] 小関, 橋本, 佐藤, 木村, 伊能, X 線 CT 画像におけるメタルアーチファクトの低減アルゴリズム, 日本機械学会論文集(A 編), 72 巻, 724 号, pp.78-84, (2006)
- [4] Carsten Bellon, Gerd-Rüdiger Jaenisch, aRTist – Analytical RT Inspection Simulation Tool, International Symposium on Digital industrial Radiology and Computed Tomography, (2007)