

放射線輸送シミュレーションと AI技術を融合させた X線位相コントラスト画像再構成法の開発



SATテクノロジー・ショーケース2026

■はじめに

がんなどの病気が発生すると、体内的組織は構造的に変化する。こうした変化を捉えるには、X線画像やCTなどの医用画像が有効である。これらの画像診断法は、X線が体内を通過する際の吸収量(減弱)を利用して、体内的様子を画像化する仕組みであり、現在の臨床現場で広く利用されている。しかし、空気や脂肪などの低原子番号物質を多く含む部位(肺や乳房等)では、X線をあまり吸収しない。そのため、画像の濃淡、すなわちコントラストがつきにくいという課題があり、診断精度が低下する。この問題を解決する有望な手段の一つが「X線位相コントラスト画像」である。この手法では、X線の屈折や回折、干渉を利用して画像を再構成し、構造の境界(エッジ)がよりはつきりと強調されるという特長がある(図1(b))[1]。特に、低原子番号の物質に対しては、X線の吸収に比べて位相の変化の方が1000倍以上高い感度であることが知られている(図2)[2]。一般に、X線位相コントラスト画像の取得には、位相の揃った単色X線などの干渉性の高い光源が必要である。しかし、従来の医療用X線装置はエネルギーにばらつきがあるため、このようなX線を得ることが難しい。さらに、干渉性の高い低エネルギーX線は人体のような大きな対象ではほとんど吸収されてしまうため画像構成に活用できず、臨床応用は非常に限られたものであった。そこで本研究では、特に肺に着目し、シミュレーションとAI技術を融合させ、より高精度な画像診断を可能にするX線位相コントラスト画像の再構成法を開発する。これにより、一般的な医療用X線装置でも肺内部の微細構造を高精度に描出できるようになり、肺がんや炎症の早期かつ正確な診断が可能となることが期待される。

■活動内容

1. 位相変位モデルのシミュレーションソフトへの実装

本研究ではシミュレーションソフトとしてGeant4を用いる。Geant4とは物質中における粒子の通過をシミュレーションするためのツールキットであり、高エネルギー物理学、原子核物理学、加速器物理学に加え、医学および宇宙科学における研究といった幅広い分野に応用されている。体内の位相変化をシミュレーションするため、X線の屈折作用のGeant4への実装と検証を行なった。

● 単原子物質での屈折作用の実装

まず単原子物質に対して、すでに実装済みの可視光輸送向け屈折作用モデルを参考に、X線の屈折作用の実装

を行なった。このモデルはスネルの法則を基にしている。

● 化合物での屈折作用の実装

次に化合物に対しても適用できるように拡張を行い、簡易ファントムでシミュレーションを行い、検証を行なった。

2. シミュレーションを用いたファントムによるX線位相コントラスト画像の生成(予定)

今後は、作成したアプリケーションの検証を行い、従来のCT画像からボクセルファントムを構築し、これを仮想ファントムとして用いたシミュレーションにより、X線吸収画像とX線位相コントラスト画像を取得する。このようにして得られた画像セットを大量に作成し、深層学習によるモデルに学習させることで、従来のX線吸収画像のみからX線位相コントラスト画像を再構成可能な手法を開発することを目指す。

■関連情報等(特許関係、施設)

参考文献

[1] 砂口尚輝ら、X線暗視野光学系を用いた位相コントラストX線撮影、あいちシンクロtron光センター 成果報告書2017.

[2] Momose et al., Phase-contrast radiographs of nonstained rat cerebellar specimen, Med Phys 22(4), 1995.

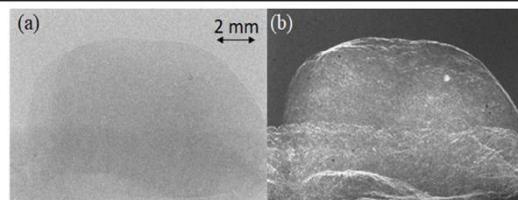


図1 切除された乳頭組織の(a)吸収コントラスト画像 (b) X線位相コントラスト画像[1]

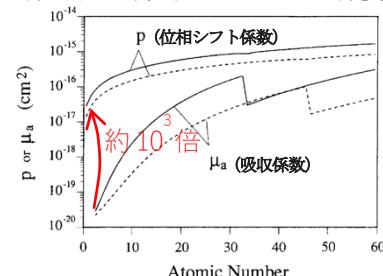


図2 位相シフト係数と吸収係数の相互作用断面積 (cm²)[2]

■キーワード:

- (1) 画像技術科学
- (2) モンテカルロシミュレーション
- (3) Geant4

■共同研究者:

坂田 洞察(産業技術総合研究所 計量標準総合センター)

山崎 明日美(神戸常盤大学)

石田 隆行(大阪大学大学院医学系研究科保健学専攻)

代表発表者
所 属
問合せ先

阪本 夏華(さかもと なつか)

大阪大学大学院医学系研究科保健学専攻

TEL:080-1448-3015

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-1

u929951i@ecs.osaka-u.ac.jp