

修士論文概要書

Master's Thesis Summary

Date of submission: 01 / 08 / 2026

専攻名(専門分野) Department	物理学及応用物理学 専攻	氏名 Name	皆川遼太郎	指導 教員 Advisor	片岡淳 印 Seal
研究指導名 Research guidance	放射線応用物理学 研究	学籍番号 Student ID number	5324A056- 4		
研究題目 Title	フトンカウンティング CT による高感度金ナノ粒子イメージングの開拓と実証				

【研究背景・目的】

フトンカウンティング CT(PCCT)は X 線のエネルギー情報を取得できる次世代型の CT で、エネルギー弁別画像を使って特定物質の抽出が可能である。また近年、医療分野において金ナノ粒子(AuNP)が注目されており、薬剤治療でのキャリアなどでの活用が期待されている。したがって、物質弁別が可能なイメージング手法である PCCT による AuNP の可視化は診断・治療技術の確立において重要となってくる。しかし現状では X 線統計量の不足に起因する画像ノイズの影響などで PCCT での AuNP イメージングの精度が低くなってしまっている。そこで本研究では PCCT での AuNP イメージングの高感度化・高精度化を目指すとともに、PCCT の新しい活用方法の模索と提案を目的とする。

【提案手法】

AuNP イメージングの高感度化に向けて主に以下の3つのアプローチを検討して実証した。

- ① X 線管側に付加するフィルターを最適化して、AuNP イメージングに必要なエネルギー帯の統計量を相対的に増やす。
- ② 検出器側を積層システム(front を薄く, rear を厚くする)にして広いエネルギー範囲で高感度に撮影できるようにする。
- ③ 機械学習を適用して画像のノイズ低減と鮮鋭化を目指す(本概要書では省略)。

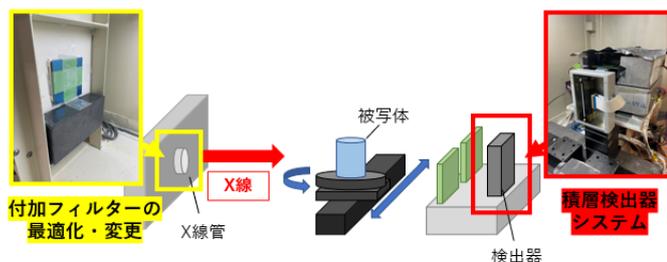


Fig.1 提案手法の模式図

【高感度 AuNP イメージングの挑戦】

A. AuNP ファントム実験

上述の提案手法を実装して、濃度の異なる AuNP ファントムに対して従来のセットアップと提案手法を採用したセットアップで撮影を行った。その結果、特に高エネルギー側の PCCT 画像のノイズが低減され、CNR は 2.5~

3.0 倍程度向上した。さらに AuNP 抽出画像における抽出精度や、推定された濃度値の精度についても提案手法での撮影の方がよい結果となった。

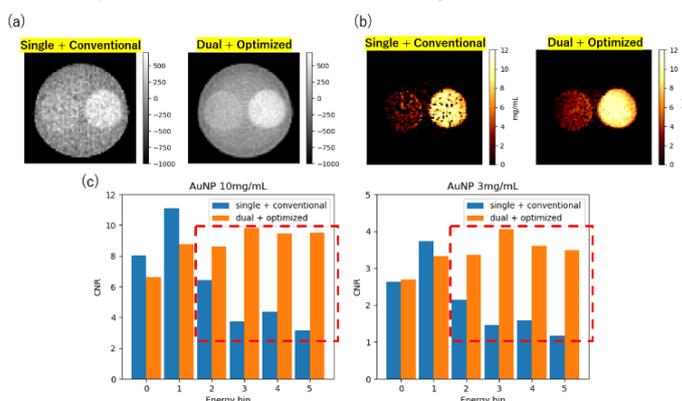


Fig2. AuNP ファントム実験の結果の比較

(a) PCCT 画像, (b) AuNP 濃度マップ, (c) CNR
(Single + Conventional: 従来手法
Dual + Optimized: 提案手法)

B. マウス実験

提案手法の有効性を生体イメージングで評価するために皮下腫瘍マウスに AuNP を静脈投与して PCCT で撮影する実験を実施した。結果として、提案手法を適用したときの方が AuNP 濃度マップを高い鮮鋭度で描画でき、皮下腫瘍の縁部分と肝臓に AuNP が集積していることが鮮明に確認できた。

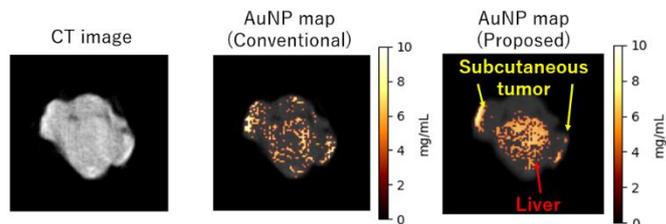


Fig.3 皮下腫瘍マウス実験の結果(AuNP map)の比較

【研究業績】

- R. Minagawa et al., "Extracting high performance of energy information in photon-counting computed tomography", JINST, 20, C08024, 2025
- 応用物理学会放射線分科会 放射線分科会学生講演最優秀賞, 「フトンカウンティング CT での金ナノ粒子イメージングに向けたフィルターの最適化と実証」, 第 72 回応用物理学会春季学術講演会, 2025
- R. Minagawa et al., "Leveraging energy-resolved information in photon-counting CT via deep learning for enhanced image quality", 2025 IEEE NSS/MIC, 2025