

修士論文概要書

Master's Thesis Summary

Date of submission: 01 / 06 / 2026

専攻名(専門分野) Department	物理学及応用物理学 専攻	氏名 Name	菊池 優花	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	5324A018 - 3		
研究題目 Title	生体マウス撮影用大面積高解像度 X 線カメラの開発： At-211 薬剤の体内動態イメージングの実証				

【研究背景】

近年、がん治療において、標的アイソトープ治療 (Targeted Radioisotope Therapy) と呼ばれる治療法が注目を集めている。なかでも、At-211 は治療効果が高いとされる α 線を崩壊過程で複数発することや、国内のサイクロトロンで製造可能であることから、研究が進んでいる。At-211 の小動物イメージングには、多くの場合人間用の SPECT 装置が用いられているが、人間とマウスでは臓器サイズに大きな差があるため、解像度が不足している現状がある。そこで、マウスの全身撮影に特化した大面積高解像度 X 線カメラを製作し、マウスの生体イメージング実験を行った。また、装置構成を変化させずに解像度を向上させる手段として画像処理分野で用いられるサブピクセルシフトを応用した。

【装置構成・解析手法】

製作した装置は、図1(左)に示すような GAGG を用いたシンチレーション検出器である。コリメータおよびシンチレータのピッチは 0.5 mm、シンチレータのサイズは 10 cm × 10 cm、総ピクセル数は 40,000 である。撮像可能領域は ϕ 98 mm であり、これはマウスの全身を一度に撮影できるサイズであるため、マウスイメージング実験では図のようにマウスの腹側から撮影を行った。また、一部の結果については、位置を x 軸 y 軸それぞれ半ピクセル分ずらした 2 枚の画像 (図 1(右)の黒と青の線) を取得し、重複する場所の画素値の平均をとることで、ピクセルピッチを疑似的に 1/2 にするサブピクセルシフトを適用した。

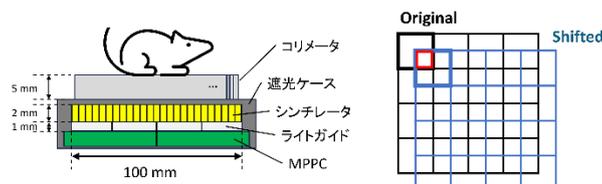


図 1. 製作した大面積高解像度 X 線カメラ(左)とサブピクセルシフト(右).

【マウスの生体イメージング】

大阪大学放射線科学基盤機構協力のもと、At-211 AuNPs 5nm-5k を投与したマウスの生体イメージングを実施した。このマウスは下腹部に舌癌の腫瘍細胞を移植されているヌードマウスであり、薬剤は腫瘍へと局所投与された。図 2 にサブピクセルシフトを適用した薬剤

投与翌日のイメージング結果を示す。腫瘍への集積が最も強いが、領域を絞って確認すると甲状腺および唾液腺のあたりにも集積が確認できる。この集積は SPECT 装置では明確に確認できなかった。ピクセルシフトを適用した結果、甲状腺/唾液腺の形状も見えつつある。撮影に用いたマウスはさらに翌日解剖を実施し、各臓器の放射能を測定した。その結果、甲状腺にも集積があったことが確認され、イメージング結果と整合性がとれた。

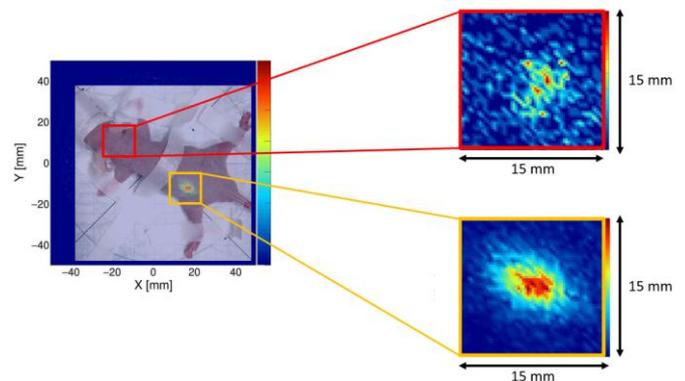


図 2. 薬剤投与翌日の At-211 AuNPs のイメージング結果 (サブピクセルシフト適用)

【結論・今後の展望】

生体マウスのイメージングを行った際、腫瘍と比較して集積が弱い臓器である甲状腺への集積を可視化できたことから、マウスのイメージングという観点では既存の SPECT 装置に対して感度、解像度ともに優位性があると考えられる。

今後の展望として、At-211 薬剤が腫瘍に届くようにターゲット分子を結合させることが想定されるが、全身投与した場合は薬剤の一部しか腫瘍へ集積しない。本装置はこのような弱い集積の可視化に期待が持てる。

【研究業績リスト】

- (1) Y. Kikuchi et al. “Development and evaluation of high-resolution gamma camera for animal imaging”, 2024, November, PD24, 2024.
- (2) Y. Kikuchi et al. “Development and evaluation of high-resolution gamma camera for animal imaging”, Journal of Instrumentation, Volume 20, July 2025.
- (3) Y. Kikuchi et al. “Whole-body imaging of mice administered At-211 using a high-resolution X-ray and gamma-ray camera for small animals”, 2025, November, HSTD14, Taipei.