

修士論文概要書

Master's Thesis Summary

Date of submission: 01 / 10 / 2023

専攻名 (専門分野) Department	物理学及応用物理学専攻	氏名 Name	増淵 美穂	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	5321A061-9 CD		
研究題目 Title	高感度広帯域X線ガンマ線カメラを用いた薬物動態イメージングの実証				

【 研究背景 】

核医学治療とは放射性同位元素を標識した薬剤を患者に投与し、がん細胞付近に集積させることでがん細胞のみにダメージを及ぼす治療法である。特に近年、 α 線を放出する薬剤を用いた治療法は、その副作用の少なさと効果の高さから盛んに研究され、外科的治療や化学療法を補完する治療法として注目を集めている。

核医学治療の臨床応用や、薬剤の研究段階では、薬剤が正しく腫瘍に集積しているかの確認が重要となる。そこで本研究では、臨床認可されている α 線治療薬 $\text{Ra}^{223}\text{Cl}_2$ の人体内の薬物動態の可視化に挑んだ。加えて、国内のサイクロトロンで製造可能であり、半減期も治療に適した α 線治療薬である At-211 NaAt のマウス体内の薬物動態イメージングも試みた。

【 高感度広帯域 X 線ガンマ線カメラ 】

撮像には臨床を目的とした、大面積コンプトンカメラと、本研究で開発したガントリ構造のハイブリッドコンプトンカメラ(GHCC)の2種類を用いた。双方のコンプトンカメラは共に GAGG シンチレータアレイと MPPC からなる。大面積コンプトンカメラは図1上のように検出器が配置されており、筐体を樹脂ケースに封入した。一方、GHCC は8つのユニットによって構成されている(図1下)。各ユニットは2層の検出器からなる。こちらの検出器は前面のみ3mm角の穴を穿ち、この穴によってコンプトンカメラのみならず、ピンホールカメラとしても撮像可能となっている。この構造によって、低エネルギーから高エネルギーまでの広帯域でのイメージングが可能となる。

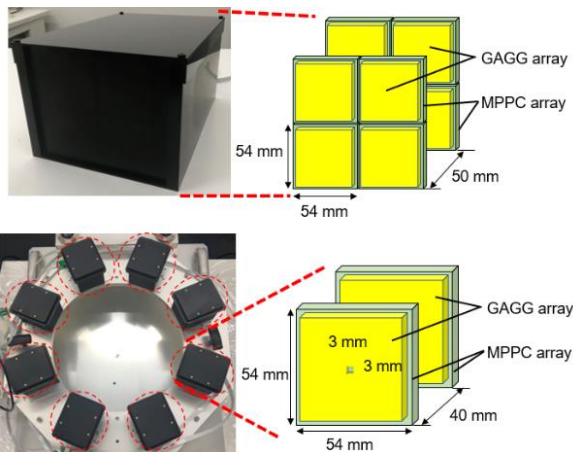


図1 カメラの構成 (上: 大面積コンプトンカメラ、下: ハイブリッドコンプトンカメラ)

【 臨床用 Ra-223 イメージングの実証 】

前立腺癌を患い、骨転移した患者に対し、 RaCl_2 を4.8 MBq 投与し、4時間後から20分間撮像を行った。カメラには1台の大面積コンプトンカメラと、3台のハイブリッドコンプトンカメラを用いた。大面積コンプトンカメラによる背中側からの撮像結果(図3左下)と、2台のハイブリッドコンプトンカメラによる腹側からの撮像結果(図3右)を Anger カメラの平面画像(図3左上)と比較した。図3より結腸への集積が確認できた。

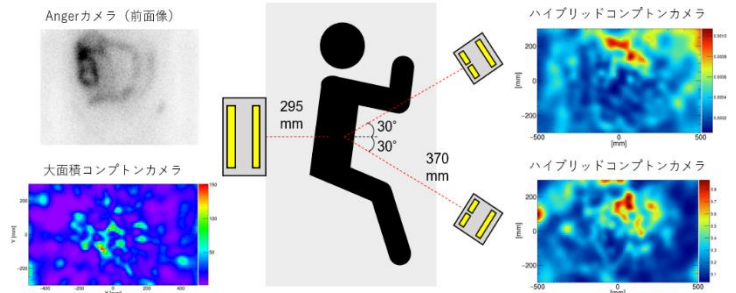


図2 人体の撮影結果

【 マウス体内の At-211 NaAt 薬物動態 】

麻酔下のマウスをGHCCの視野中心に立位にて配置し、撮像した。 At-211 の79 keVの特性X線を用いて、薬剤投与10分後から100分後までの薬剤の3次元分布を取得した(図3右)。また、3次元画像を2次元に射影することにより、集積の時間変化を図3左にまとめた。体全体に広がった薬剤が、胃と甲状腺に集積していく様子を可視化することに成功した。

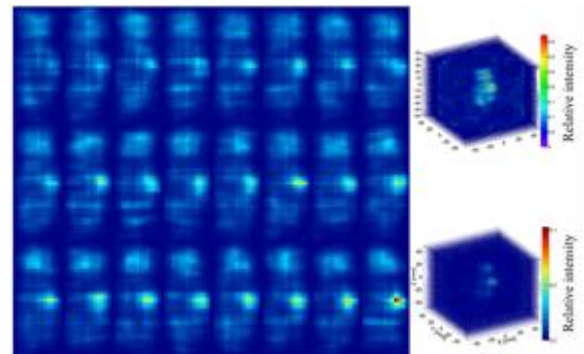


図3 マウスの撮影結果

【 今後の展望 】

今後は開発したGHCCを用いた、放射化薬剤のイメージングに注力したい。

【 研究業績 】

[査読付き論文]

M. Masubuchi et al. "Wide-band X-ray and gamma-ray imaging of living mouse to reveal pharmacokinetics of At-211 ", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, Volume 1045, 2023, 167581.

[国際学会]

M. Masubuchi et al. "Double-photon simultaneous imaging using a hybrid X-ray and gamma-ray camera", 2021 IEEE NSS/MIC, online, Oct. 19, 2021

[受賞]

応用物理学会放射線分科会 放射線分科会学生優秀講演賞, 「広帯域 X 線ガンマ線による新規イメージング手法の開発と実証」, 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会, 2021.

日本医学物理学会 大会長賞(銅賞), 「生体マウスにおけるリアルタイム薬物動態(At-211 NaAt) X 線ガンマ線同時イメージング」, 第 124 回日本医学物理学会学術大会, 2022.