

修士論文概要書

Master's Thesis Summary

Date of submission: 01/09/2024

専攻名 (専門分野) Department	物理学及 応用物理学専攻	氏名 Name	匂坂 真結	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	5322A036-1 CD		
研究題目 Title	生体イメージングにおけるスペクトラル CT の応用と電子数密度推定				

【研究背景】

フォトンカウンティング CT (PCCT)では、光子ごとにエネルギーを計測することにより、現行の X 線 CT で問題となっている、エネルギー情報の欠如や被ばく量の低減を可能とする。本研究室では検出器にシンチレータと MPPC 検出器を用いた MPPC 型 PCCT の開発を行ってきた。これまでは複数造影剤の撮影をファントムベースで行ってきた。

本研究では MPPC 型 PCCT の臨床での利用に向けて、造影剤を注入した生体の撮影を行った。取得画像で濃度推定を行い、造影剤の位置や量の情報を取得することに取り組んだ。更に、MPPC 型 PCCT の新たな応用方法として、放射線治療の計画で必要となる電子数密度を PCCT 画像から推定することにも挑戦した。

【in-vivo/ex-vivo イメージング】

本研究ではがん治療への応用が期待される Drug Delivery System(DDS)の可視化を見据えて、金ナノ粒子(AuNP)の撮影に挑戦した。AuNP は抗がん剤を腫瘍まで運ぶキャリアとしての役割がある。そのため AuNP の体内の位置情報がわかると、抗がん剤の集積位置や状況を把握することができる。図 1 に 33-50 keV のイメージング結果を示す。(a)は肋骨、心臓、肺、(b)は腎臓、(c)は腸、(d)には膀胱などの臓器が写っている。腎臓は通常水とほぼ同じ密度であるため、CT 画像でははっきりとコントラストを見ることができ、通常状態よりも密度が高く、金が腎臓に集積していることがわかる。

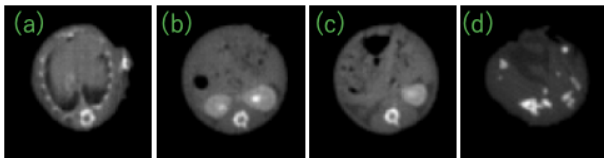


図 1. AuNP を造影剤として用いたマウスの PCCT 画像

また、MRI 撮影で用いられるガドリニウムをベースとした造影剤を用いた撮影を行った。この造影剤は肝臓の疾患を見るために用いられる造影剤であり、MRI 検査を受けることができない患者でも CT で診断が可能になる。造影剤を注入したラットの肝臓を取り出し、造影剤のファントムと撮影した画像を図 2 に結果を示す。左から造影剤無し、0.5 mL 注入、2.0 mL 注入したラットの肝臓である。造影剤なしの肝臓よりも造影剤有りの肝臓の方が水とのコントラストが 50~80 HU ほど大きい。

以上のことから肝臓に造影剤が集積していることがわかる。

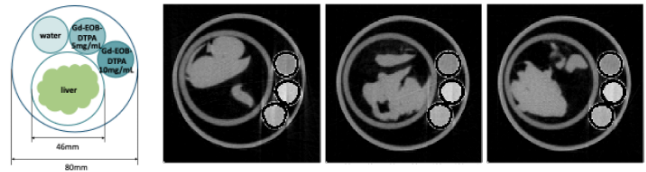


図 2. ガドリニウムベース造影剤注入ラットの肝臓

【電子数密度推定】

粒子線治療では体内の阻止能比をもとに治療計画でビームの位置やエネルギーを決定する。阻止能比の算出には CT 画像から求められる電子数密度と呼ばれる情報を用いる。そこで、電子数密度を現行 CT よりもエネルギー情報の多い MPPC 型 PCCT で推定することで正確に精度の向上を目指した。図 3 に推定結果を示す。青が生データ、赤が補正後の結果である。ビームハードニング補正や線減弱係数の補正を行い、最適なエネルギー帯の組み合わせを見つけることにより、RMSE を 4.88% から 2.72%まで上げることに成功した。

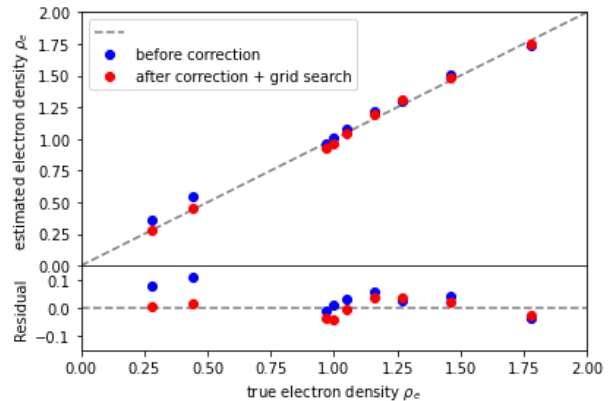


図 3. 電子数密度推定結果

本研究では MPPC 型 PCCT の臨床を見据えたイメージングとその応用に挑戦した。今後は検出範囲の拡大やより臨床に近い条件での撮影を行う必要がある。

【研究業績】

- M. Sagisaka et al., "Experiment of in vivo imaging with third generation setup using Photon-Counting CT with 64ch Multi-Pixel Photon Counter", *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A*, 1045, 2023, 167580
- M. Sagisaka et al., "Electron density estimation using MPPC-based photon counting CT for particle therapy planning", 2023 SORMA, Ann Arbor, May. 25, 2023