

所属学科	応用物理学科	氏名	田中 稜	学籍番号	1Y15B046-7
研究題目	RI 内用療法に向けた大面積コンプトンカメラの最適化検証			指導員	片岡 淳

【研究背景】

RI 内用療法は癌（がん）に対する有効な治療法の一つで、とくに α 線放出核種 ^{223}Ra を用いた治療薬が2016年より認可され注目を集めている。この治療は、放射性核種を薬剤として内服し、がんの病巣付近から直接 α 線を照射することで悪性細胞を破壊するため、周囲の正常細胞への影響を最小限に抑えることができる。しかしながら、薬剤投与後の集積状況には個人差があり、 ^{223}Ra の分布状況を体外から迅速にイメージングする要求が高まりつつある。本研究室ではコンプトンカメラを用いた短時間かつ広視野の撮影を提案し、昨年から阪大病院に置いて臨床実験をはじめている。一方で、既存のカメラは環境計測用に開発したもので、受光面が $5 \times 5\text{cm}$ 角と狭いため人体のような大きな対象物の撮影には適さない。また、 300keV 程度の低いガンマ線を可視化するため、最適化も必要となる。本研究では、臨床でのさらなる効率化を実現するため、大面積臨床用コンプトンカメラの検討を行った。

【シミュレーションによるカメラの構成の最適化】

臨床用カメラとしては $5 \times 5\text{cm}$ 角を1ユニットとし、これを田の字型に4枚以上並べることで大面積化を実現する。そこで、Geant4 シミュレーション上でコンプトンカメラを作成し、散乱体・吸収体の厚みおよび散乱体-吸収体間距離を変化させた際の検出効率と角度分解能を比較した。その結果、散乱体の厚みは 3mm 、吸収体の厚みは 5mm 、散乱体-吸収体間距離は 50mm 程度が最適であることが示された(図1)。

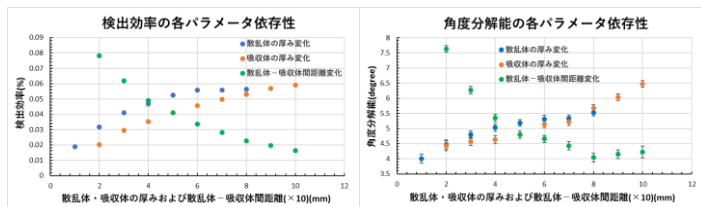


図1 検出効率・角度分解能における散乱体・吸収体の厚み・散乱体-吸収体間距離の依存性

【実際の GAGG シンチレータの性能評価】

シミュレーションの結果を受けて、実際のアレイを作成してその性能評価を行った。散乱体・吸収体には大型 GAGG(Ce) シンチレータアレイ(1mm 角、

$45 \times 45\text{pix.}$: 図2)を、光検出器としては 3mm 角 MPPC を $16 \times 16\text{ch}$ 並べた大面積アレイ(図3)を作成した。信号は抵抗分割により 4ch のみで発光位置演算を可能とした。整形時定数およびライトガイドの厚みを最適化したうえで、吸収体用 5mm 厚 GAGG アレイに ^{137}Cs 線源を照射して得られたスペクトル、2次元マップおよびその1次元プロファイルを図4に示す。この結果、エネルギー分解能は $5.47 \pm 0.12\%$ となり、大面積化前の 2.5cm 角アレイにおける約 7.4% よりも大幅に優れた結果となった。また、Peak to Valley 比は 5.35 ± 0.23 となり、端を除くほぼ全 pixel を分離することができた。以上より、大面積化しても十分な性能が得られることを実証した。

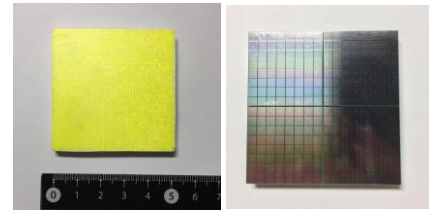


図2 5mm 厚 GAGG アレイ 図3 $16 \times 16\text{ch}$ MPPC アレイ

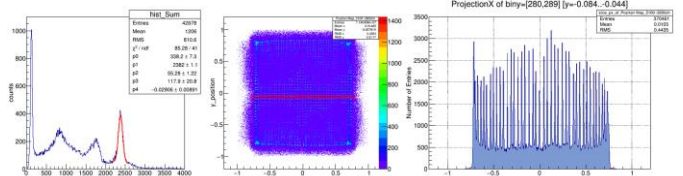


図4 ^{137}Cs 線源を照射して得られたスペクトル、2次元マップおよびその1次元プロファイル

【散乱体用シンチレータの模索】

さらなる性能向上のため、散乱体として CsI(Tl) や CeBr_3 、 $\text{SrI}_2(\text{Eu})$ といったシンチレータアレイを候補に挙げ、まずシミュレーションによりカメラの感度を比較した。次に、それらを東北大金材研と共同で試作し、GAGG と同じ条件で測定・評価した。その結果、とくに CeBr_3 では感度やエネルギー分解能の向上が期待できることを明らかにした。

【結論と今後の課題】

本研究では、 α 線放出核種 ^{223}Ra を用いた RI 内用療法に向けたコンプトンカメラの開発にあたって、必要な構成の最適化を行った。今後の課題として、カメラを実際に作成し、 ^{223}Ra をイメージングするだけでなく、最適な散乱体用シンチレータの種類についても広く検討していきたい。