

卒業論文概要書

CD

2018年 1月提出

学籍番号 1Y14B082-3

所属学科	応用物理学科	氏名	藤枝 和也	指導員	片岡 淳 印
研究 題目	RI 内用療法に向けた新型コンプトンカメラの検討				

【研究背景】

RI 内用療法は内部放射線治療の一種であり、放射線元素を組み込んだ薬剤を病巣に選択的に取り込ませることで、体内から放射線を照射する。とくに悪性腫瘍の治療においては正常細胞へのダメージが少なく、陽子線など外部放射線照射に比べて多くの利点が想定される。これまで、内用療法では ^{131}I など β 線放出核種が利用されてきたが、近年では飛程が短く、より高いエネルギー付与が可能な α 線放出核種を用いた治療が始められている。なかでも ^{223}Ra は骨転移治療に効果を発揮するが、薬剤が目的とされる臓器に正しくデリバリーされたかを迅速に確認する手段が未だ確立されていない。そこで、本研究では ^{223}Ra で同時に生ずる γ 線に着目し、コンプトンカメラを用いて外部から迅速に可視化する技術について検討した。

【実験(1)： ^{223}Ra 薬瓶の撮影】

コンプトンカメラはコンプトン散乱の運動学を利用して、ガンマ線の到来方向を可視化する。図1に示す通り、散乱体と吸収体での反応位置とエネルギーから角度 θ を算出し、コンプトンコーンを重ねることで線源位置を特定する。本実験では、とくに ^{223}Ra が放出する270keV、324keV、351keVのガンマ線を正しくイメージングすることが可能か検討した。まず、薬瓶の中に封入した $^{223}\text{Ra}(0.56\text{MBq})$ を小型コンプトンカメラ(5cm角)で撮影した。薬瓶はカメラから距離10cm、正面と45°にそれぞれ配置した。270keVと324/351keVのエネルギー帯でそれぞれ画像再構成した結果を図2に示す。いずれの位置・エネルギー帯においても、白点線で示した ^{223}Ra の位置を再現することができた。

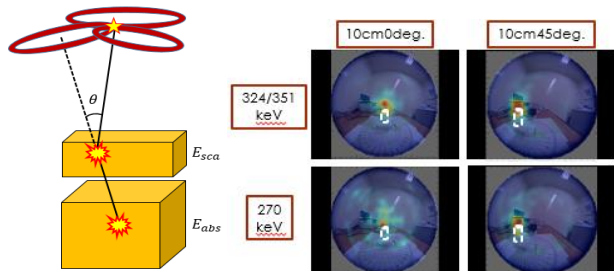


図1 カメラの原理 図2 小瓶内 ^{223}Ra の再構成結果

【実験(2)：大型ファントムの撮影】

次に、人体を模した大型ファントムのイメージングを行った。図3に示す通り、直径28cm、高さ19cmのファントムに水を張り、内部の直径5cm程度の円柱6本のうち2本に希釈した $^{223}\text{Ra}(0.96\text{MBq})$ を封入した。撮影はカメラから距離30cm、正面に2本の円柱があるように配置した。得られたデータから270keVと324/351keVのエネルギー帯を用いて再構成した結果を図4に示す。ここで白点線は、期待される円柱の位置を

表している。画像は2本の円柱に収束しているものの、2本を明確に分離することができなかった。位置分解能は線源からカメラの距離を近づけることで容易に改善するが、ファントムの一部がカメラ視野を大きく外れてしまう。さらに、奥行き方向の縮退が見かけ上の解像度を悪化させている。人体の撮影にはより大型のコンプトンカメラの開発が必要不可欠であり、またマルチアングルからの3次元撮影の必要性が示唆された。

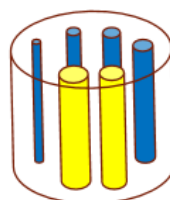


図3 ファントム模式図

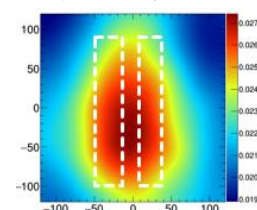


図4 ファントム内 ^{223}Ra の再構成結果

【大型化に向けた検討】

人体を無理なく撮影するには、20センチ角程度までカメラを大型化することが望ましい。そのため、シンチレータの面積を大型化しつつ、可能な限り読み出すMPPCの数を減らすことが可能か検討した。具体的には、1mm角Ce:GAGG 42x42アレイに対して6mm角のMPPCを図5のように隙間をあけて配置し、ピクセル分離ができるか検証した。結果を図6に示す。MPPC素子の間のピクセルは比較的分離しやすいが、受光面上では縮退が見られる。今後は、最適なMPPCのサイズや配置について、多様な構成を比較することで検討を続ける。

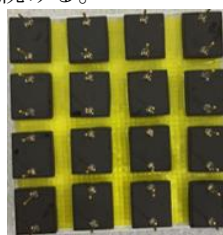


図5 MPPC配置

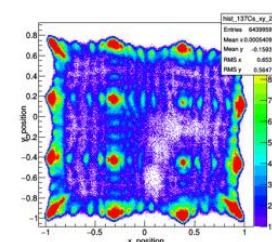


図6 再構成結果

【まとめと今後の展望】

本研究では、アルファ線放出核種を用いた内用療法への利用に向け、コンプトンカメラを用いた ^{223}Ra のイメージングを行った。その結果、薬瓶に封入された ^{223}Ra の撮影には成功したが、希釈されたより大きなファントムの撮影では十分な位置解像度を得られなかった。そこで、人体の撮影に向けたカメラの大型化の検討を行い、MPPCの個数を抑えつつシンチレータの読み取りが可能か検討した。今後は、MPPCの受光面上における縮退の解決や、位置分解能の向上に向けたシンチレータの検討、統計量の増加と撮影時間の短縮に向けた撮影方法の検討などの課題について検討したい。