

モンテカルロシミュレーションを用いた PET リング径の変化にともなう画像の検討

弘前大学保健学科 ○成田 真人(Narita Masato)

大井 崇 鈴木 健 松沢 美幸

弘前大学大学院保健学研究科 高橋 康幸 細川 翔太

弘前大学医学部附属病院医療技術部放射線部門

白川 浩二 清野 守央 成田 将崇 須崎 勝正

【はじめに】

Positron Emission Tomography(PET)のシンチレータは用途に応じて改良がなされ、特性や仕様が著しく異なる。ヘルメット型PET装置や対向型またはリング型乳房専用PET装置では、検出器を体表面に近づけて呼吸性移動を最小限にするなどして、装置の感度や分解能の向上が図られている。従来では検出器が視野中心部から離れるに従って消滅放射線がシンチレータに斜入射する割合が多くなり、検出位置の特定精度が劣化してしまう問題があった。検出器配置の工夫の一つにDepth Of Interaction (DOI)技術がある。この技術はシンチレータを多層化することによって検出器の深さ方向の検出位置情報を取得可能であり、視野辺縁部で生じていた分解能の劣化を低減できる¹⁾。本検討では、モンテカルロシミュレーションを用いてPET装置を模擬し、装置のリング径および検出器の配列の違いが画質に与える影響について検討した。

【方法】

使用するモンテカルロコードはGeant4 10.02を使用した。Geant4は様々な分野に対応可能な放射線シミュレーションのためのツールキットとして開発されており、多くの放射線と物質の相互作用を網羅している²⁾。本研究で模擬したPET装置はGE社製Discovery STをモデルとした。PETのリング直径を頭部用PET装置を想定した250 mm、全身用PET装置を想定した1000 mm、その中間径の625 mmの三種類を作成した。シンチレータはBi₄Ge₃O₁₂(BGO) (6.3×6.3×30 mm)、エネルギー分解能は17%、同時計数のエネルギーウィンドウは375–650 keVとした。線源は、内径1.0 mmの点線源と内径10 mm、長さ158 mmの線状線源を使用した。点線源を視野の中心からy方向に10 mmおよび100 mm、x方向に100 mmの3か所に配置して撮像した。得られた画像において各線源位置の半径方向と接線方向のFull Width at Half Maximum(FWHM)を測定した。また、線状線源では感度を評価した。画像再構成にはFiltered Back Projection (FBP)を使用した。また、BGOの深さ方向の長さを15 mmに変更し2層のDOIにて、それぞれ分解能および感度について同様の検討を行った。ただし、本研究では陽電子の飛程、角度揺動による影響は考慮していない。

【結果】

Fig.1にシミュレーションで得られた画像を、Fig.2、Fig.3に各線源位置において測定したFWHMの値を示した。DOIを用いない場合、リング径が小さくなるほど100mm位置の点が半径方向に歪み、そのFWHMの値はリング径が小さいものから順に、7.6 mm、5.6 mm、4.9 mmとなった。DOIを用いることで画像上では半径方向の歪みが小さくなり、そのFWHMの値はリング径が小さいものから順に6.1 mm、4.4 mm、4.0 mmとなった。しかし、各リング径において10 mm位置半径方向、100 mm位置接線方向のFWHMはDOIの有無で大きな変化はなかった。Fig.4に測定した感度の値を示した。リング径が小さくなると配置する検出器数は減少するが感度は増加した。またDOI

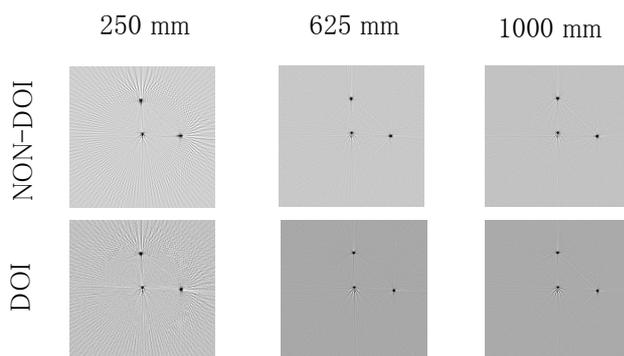


Fig.1 再構成画像

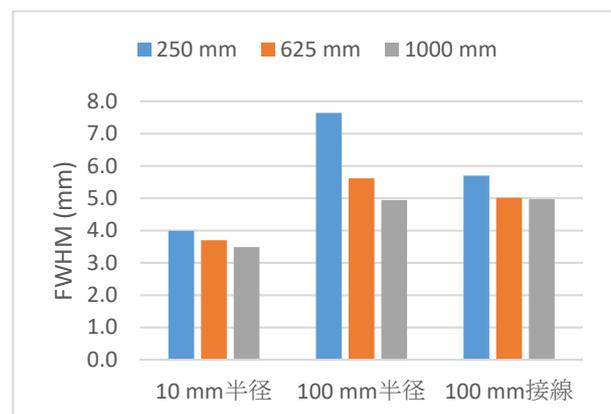


Fig.2 FWHM 測定結果 NON-DOI

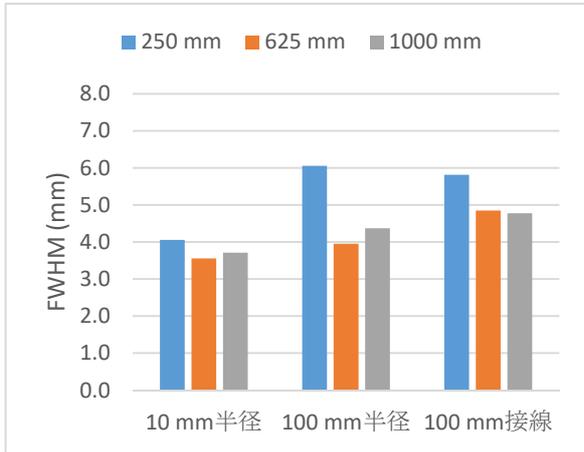


Fig.3 FWHM 測定結果 DOI

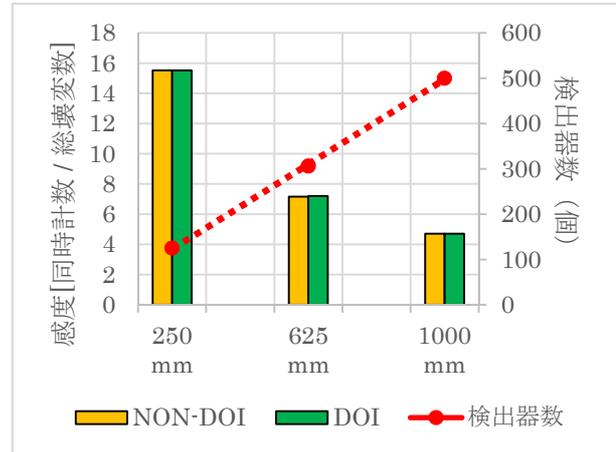


Fig.4 感度測定結果

の有無で感度に大きな変化はなかった。リング径が250 mmと625 mmを比較すると感度は2.1倍に、250 mmと1000 mmを比較すると感度は3.3倍に増加した。

【考察】

リング径が小さくなるにつれて分解能は劣化したが、DOIを用いてBGOの深さ方向の長さを半分にしたことで100 mm位置の点に生じていた半径方向の歪みが軽減しFWHMの値を小さくすることができた。DOIの有無で100 mm位置の半径方向、100 mm位置の接線方向のFWHMに大きな変化は見られなかった。視野中心では全ての検出器が正対しているため、中心部における分解能は検出器の幅方向が影響すると考えられる¹⁾。接線方向についてはDOIによる分解能向上効果は小さいと考えられるため、BGOの幅方向の長さを変化させた検討を進める必要があると考える。リング径が小さくなり検出器が近づいたことで装置の立体角が大きくなり感度が増加したと思われる。DOIの有無で感度に大きな変化は見られなかった。これはDOIを用いてもBGOの深さ方向の長さは30 mmと変化しなかったため、消滅放射線を十分吸収できたと考えられる。

【結語】

リング径が小さくなることにより装置の感度は増加し、視野辺縁部の分解能は半径方向に劣化する。DOIを導入することでPET装置の感度を保ったまま分解能を向上できると考えられる。

【参考文献】

- 1) 澁谷憲悟. 陽電子放射断層撮影 (PET) 装置とその検出器. 陽電子科学, 5(2), 3-25, 2013.
- 2) 阿蘇司, 大町千尋, 歳藤利行, 他: 放射線シミュレーションのためのツールキットGeant4の医学応用. J.Med.Phys., 33(2), 76-81, 2013.