

演題番号. Development of gamma-detectors for PET with position resolution of 0.5mm

Y Emoto, K Fujihara, H Ito, N Kaneko, H Kawai, S Kimura, A Kobayashi, and T Mizuno
Graduate School of Science, Chiba University, Japan

1. 背景

一般的なPET (positron emission tomography, ポジトロン断層法) の装置は、ガンマ線が検出器内で散乱されることなく光電吸収を起こした場合は高い位置分解能でガンマ線発生位置を特定できるが、ガンマ線が検出器内でコンプトン散乱を起こした場合には散乱位置の重心点がデータとして使用されるため再構成画像を不鮮明化してしまうという欠点を有している。コンプトン散乱に伴ってガンマ線が落とすエネルギーを測定し、そのデータによって検出器内で最初にガンマ線が散乱した位置を特定できれば、位置分解能の悪化を避けることができる。

高い位置分解能をもつPETを実現させるためにはコンプトン散乱事象の解析が不可欠であり、そのためにガンマ線の散乱位置とガンマ線が落としたエネルギーとを共に測定できる検出器を開発することが本研究の目的である。

2. 方法

検出器は板状のLa-GPSシンチレータ (34 mm × 34 mm × 厚さ 3 mm) を並べて作る。ガンマ線がシンチレータ内で落とすエネルギーを測定するため、シンチレータの側面にはMPPCを貼り付ける。また、ガンマ線の散乱位置を測定するため、シンチレータの上下面に直径0.2 mmの波長変換ファイバーをシート状に並べてその両端にMPPCを貼り付ける。

粒子反応シミュレータプログラムGeant4を利用したモンテカルロシミュレーションによって、この検出器の性能評価を行った。

3. 結果・考察

検出器内でガンマ線が相互作用した回数はシミュレーションの結果、Fig. 1に示す通りとなった。縦軸は事象数を表し、横軸はガンマ線と電子が相互作用した回数を表す。電子・陽電子対消滅によって1事象あたり2本放射されたガンマ線が、検出器のシンチレータ内で直接光電吸収されれば、散乱される電子の数は2つである。この図から、3～8個の電子が散乱される事象が多いことが分かる。これは、1事象につき1～6回程度コンプトン散乱が起きるということを意味している。

コンプトン散乱が発生した場合、エネルギーが落とされる点が3つ以上存在することになるので、各点が2本のガンマ線のどちらに由来するものなのかを判定する必要がある。複雑な散乱経路の場合にはこの判定ができないが、シミュレーションの結果、エネルギー分解能が5%で散乱位置の決定の精度が5 mmのときそのような判定不能イベントは全体の32～39%程度にと

どまっており、過半のコンプトン散乱事象は解析に用いることができると分かった。そして、解析に用いることができる事象のうち、96%の事象については、最初の散乱位置が正しく特定できた。

この結果、ガンマ線が最初に検出器に入射した位置が正しく分かった事象の数は、既存のPETのように散乱位置の重心を画像再構成に用いる場合における、重心の位置が最初の入射位置から0.1 mm以上ずれていない事象の数と比較して、約1.6倍となった。また、コンプトン散乱せず直接光電吸収が起こった事象だけを画像再構成に使う場合と比べると、事象数は約10倍となった。

コンプトン散乱が1回だけ起きた事象を解析する手法としては、散乱時と光電吸収時に発生する光電子増倍管等の信号を論理回路で集約処理するという方法が考えられる。しかし、すべての散乱位置をデータとして取得したうえで画像再構成を行うことで、2回以上コンプトン散乱した事象も正しく解析できるようになり、全く散乱しなかった事象のみを解析に使う場合と比べて最大10倍の感度をもつ、より高分解能なPET装置の実現につながるものと推定される。

4. 結論

PETによる癌診断においては、患者に投与する放射性薬剤の量が決まっているため、データの数は制約されている。そうした中において、コンプトン散乱事象を正確に解析することで感度は向上する。散乱位置の重心演算を行う場合、最初の散乱位置から大きく離れた位置をガンマ線の入射位置として検出してしまう事象が少なくないため、そのような事象が再構成画像をぼやけさせてしまい、位置分解能が悪くなってしまう。それに対して、ガンマ線が落とすエネルギーのデータを用いた解析ならば、全体の58～65%の事象でガンマ線の検出器入射位置が2本とも正しく特定されるので、散乱の無い事象のみ解析に使う場合に比べ10倍のデータ量となり、再構成画像の位置分解能向上につながると言える。

参考文献

1) 渡辺光男,内田博: 放射線位置検出装置, 特開平07-049386, 1995-02-21.

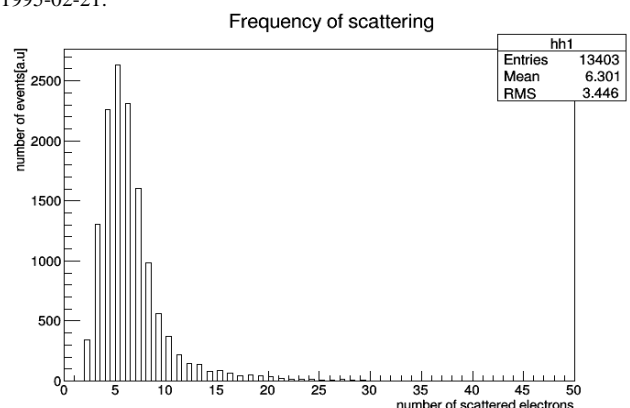


Fig. 1 Number of scattered electrons (including electrons scattered by the photoelectric absorption)

演題名: 位置分解能0.5mmのPET γ 線測定器の開発

所属: 千葉大学大学院理学研究科

代表著者 [連絡先住所]・e-mail:

榎本有作 [〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33 理学部1号館
粒子線研究室]・yusaku_emoto@hepburn.s.chiba-u.ac.jp