

IV 乳がん診療における新たな画像診断技術を理解する

3. 半導体検出器搭載型PETによる
乳がん画像診断・リンパ節の評価の実際板垣 孝治
三宅可奈江

京都大学医学部附属病院放射線部

京都大学大学院医学研究科高度医用画像学講座

半導体検出器搭載型
PET 装置

現在商用化されているPET装置の検出器部は、 γ 線を光信号に変換するシンチレータと、光を電気信号に変換する光センサから成る。光センサは、主に光電子増倍管 (photomultiplier tube : PMT) と半導体光センサの2種類があり、半導体光センサを利用した装置を半導体検出器搭載型PET装置 (以下、半導体PET装置) と呼ぶ。また、一体型PET/MRI装置には磁場に耐性がある半導体光センサが使用される。さらに、半導体PET装置の多くはlutetium orthosilicate (LSO) やlutetium yttrium orthosilicate (LYSO) といった、時間分解能の良いシンチレータを採用しており、time-of-flight (TOF) 情報を利用した画像再構成 (TOF再構成) が可能となっている。これらの技術により、半導体PET装置では、定量性および微小集積の描出能の高い画像が得られる可能性がある。一方で、近年、シンチレータにbismuth germanate (BGO) を用いた半導体PET装置も商用化されている。

本稿では、実際の画像を提示しながら、半導体PET装置の特徴を述べる。

Silicon photomultiplier
(SiPM)

半導体光センサの中でも silicon photomultiplier (SiPM) は、PMT とほぼ

同等の信号増幅率を持ち、多くの臨床用半導体PET装置で採用されている。SiPMは小型であるため、PMTに比べ decoding error (検出器デザインによる歪み) が低減され、画像の空間分解能が向上する。商用化されている半導体PET装置の多くは、4mm以下の小さなサイズのシンチレータを採用していることも空間分解能の向上に寄与している (図1)。また、SiPMはPMTに比べ応答速度が速いため、計数率特性が改善し、高計数率での数え落としが減り、信号雑音比 (signal to noise ratio : SNR) の向上や定量性の向上につながっている。さらに、装置の時間分解能が改善することでTOF時間分解能が向上する。

TOF 情報を利用した
画像再構成

LSOやLYSOといった減衰時間が短いシンチレータを使用したPET装置で

はTOF再構成が可能であり、ノイズが低減し、見かけ上の感度が上昇する。TOF情報の有無によるSNRは以下の式で表される¹⁾。

$$\text{SNR}_{\text{TOF}} = \sqrt{\frac{2D}{c\Delta t}} \text{SNR}_{\text{non-TOF}}$$

D は被写体の直径、 c は光の速度、 Δt は装置の時間分解能である。被写体が大いほど、また、装置の時間分解能が優れているほど、TOF再構成により画像のSNRが向上する。PMTを使用した装置でもTOF再構成が可能であるが、半導体検出器を併せて使用することで、さらにTOF時間分解能が向上し、画像のSNRが向上する。

そのほかにもTOF再構成による利点として、cold領域のコントラスト向上²⁾、速い収束性による微小病変の描出能向上³⁾、吸収補正や散乱補正のエラーに起因するアーチファクトの低減^{4)~6)}などが挙げられる。微小病変の描出能向上につ

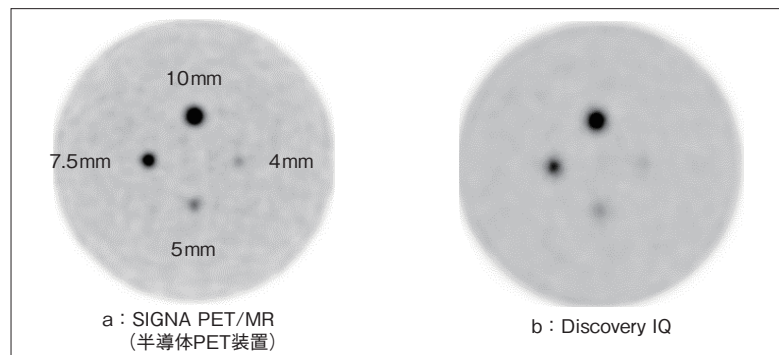


図1 半導体PET装置による空間分解能の改善

半導体PET装置である「SIGNA PET/MR」(GE社製)で撮像した画像(a)は、半導体PET装置ではない「Discovery IQ」(GE社製)で撮像した画像(b)に比べて微小球の描出能が向上していることがわかる。