

## II 分子イメージングの最新動向

# 1. 核医学における分子イメージングの最新動向

## 3) PET装置の現状と展望

山谷 泰賀 独立行政法人 放射線医学総合研究所分子イメージング研究センター

物理的視点から見た場合、PETの優れた特長を表す2つのキーワードは、短半減期核種と同時計数であろう。放射性核種は、半減期が短いほど高い比放射能(単位量あたりの放射能)を示す。例えば $^{11}\text{C}$ は、1ピコグラム(pg)とごく微量であっても、 $3.52 \times 10^6 \text{ Bq}$ もの放射能を持つ。また、同時計数は、陽電子崩壊に伴ってほぼ正反対方向に飛行する511 keVの放射線(消滅放射線)のペアを特定することであるが、これにより物体吸収が位置に依存しないという性質を得る。例えば、厚み20cmの水等価物質の両端から消滅放射線を同時計数する場合を想定する。深さ1cmに位置する核種の検出確率は91%(1cm厚の水を透過する確率)  $\times$  16%(19cm厚の水を透過する確率)  $\approx$  15%であるが、深さ10cmに位置する核種の検出確率も39%(10cmの水を透過する確率)  $\times$  39%(同)  $\approx$  15%と等しい。すなわちPETは、ごく微量の物質に対しても、物体吸収を正確に補正した体内分布を得ることができる。

1970年代にPETが登場して以来、高空間分解能化や高感度化など、さまざまな技術革新が行われてきた。2000年代に入ると、PET/CTの実用化やFDGのデリバリー開始などを背景に、日本のPET装置の台数はこの10年で10倍に膨らみ、現在500台に達しようとしている。しかし、いまだその潜在能力を十分に生かしきれておらず、次世代技術の開発研究は世界的な競争下にある。一例を挙げると、最新のPET装置でさえ、体外に放出された放射線の9割以上を検出できず無駄にしている。本稿では、PET装置の現状と展望について実例を交えながら解説する。

### Depth-of-interaction (DOI)

PET機器への要望の大半は、空間分解能と装置感度(検出効率)に集約されるだろう。装置感度改善は、画像ノイズの低減、測定時間の短縮、時間フレームの短縮、投与量の削減を可能とする。PETの検出器は、放射線を微弱な可視光に変換するシンチレータと、その光を電気信号に変換する光電子増倍管などの受光素子から構成される。1990年代は、光電子増倍管の高解像度化などに伴うシンチレータサイズの小型化と、リング間セプタを除いた三次元計測および検出器リング数の増加による装置感度改善が並行して進められた。しかし、その結果、シンチレータの厚みにより空間分解能と装置感度が両立できないという問題に突き当たった。すなわち、511 keVの消滅放射線を十分に検出するためには、PET

専用開発された高密度シンチレータでさえも、厚みを2~3cmほどにする必要がある。よって、検出器を体に近づけて感度を高めようとする、シンチレータの厚みによって斜め方向から入射する消滅放射線に対する位置精度が劣化してしまうのである(図1 a)。

これを解決するために、シンチレータ内の深さ方向の相互作用位置(DOI)を弁別する技術が切望されてきた。これまでに、図2 a~cにまとめるように、波形弁別型<sup>1), 2)</sup>、互い違い型<sup>3)</sup>、両端光読み出し型<sup>4)~6)</sup>など、さまざまな方法に基づくDOI検出器の研究開発が行われてきた。放射線医学総合研究所(以下、放医研)では、産学協力体制の下、反射材制御型による4層DOI検出器(図1 bおよび図2 d)を世界に先駆けて開発し<sup>7)~8)</sup>、頭部PET「jPET-D4」を試作した<sup>9)</sup>(図3)。DOI検出器は、体に近づけても位置検出精度が劣化しないため、感度と空間分解能を共に高めることがで

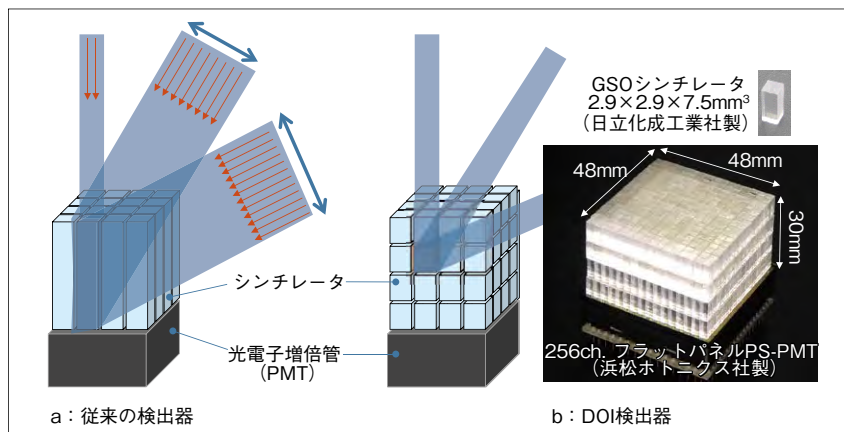


図1 従来のPET検出器(a)とDOI検出器(b)の比較