

脳研究用次世代 PET 装置の開発



山下 貴司
Yamashita Takaji
(浜松ホトニクス(株))

1 はじめに

がんや脳疾患の診断に有効な検査方法として PET (Positron Emission Tomography: 陽電子断層撮像法) が積極的に利用されている。PET は、生体の働きを 3次元画像としてとらえる技術で、測定部位や目的に合わせて各種の放射性標識化合物を用いることにより、代謝や血流、神経伝達系の働きなどを知ることができる。高齢化社会の到来により、アルツハイマー病などの認知症が大きな社会問題となっているが、これらの客観的な診断方法として PET が注目されている。しかし、PET 計測における大きな問題点は、比較的長時間にわたって被験者の体位を固定する必要があり、健常者に対してもある程度の我慢を強いる。認知症患者、特に病気が進んだ患者は静止状態を保つことが困難な場合が多く、これまで PET 計測が難しかった。

この問題を解決するために、被験者を非拘束で計測できる高性能 PET 装置¹⁾を開発した。本装置には、レーザー加工により微細加工されたシンチレータ結晶と光半導体センサー MPPC (Multi-Pixel Photon Counter) を結合した検出器、ソフトウェアによる同時計数方式、被験者頭部の動きを高速カメラで検出し、この情報を用いて PET イメージのぶれを補正する技術など、多くの新しい試みが導入されている。

2 装置の構成

PET 装置の解像力は、シンチレータ結晶のサイズに左右されるが、細かい結晶アレイを精度よく加工して並べるのは容易ではなくコストもかさむ。これを解決するために、シンチレータ結晶ブロック内にレーザーを集光することによりマイクロラックを生成して格子状の隔壁を作成し、これにより結晶を微小セグメント化する方法を開発した²⁾。外形約 40 mm 角の LYSO シンチレータブロック内に、1.2 mm ピッチのセグメントアレイを作成し、これを 8×8 の MPPC アレイに結合したユニットを作成した。これらのユニット体軸方向に 5 個並べ、更にこれらを 4 層重ねて信号処理回路と一体化した検出器モジュールを開発した (図 1)。この検出器は、斜めに入射する γ 線に対しても、結晶内吸収の 3次元位置を精度よく検出できるため、PET 装置の視野内で均一な高解像力特性が得られる。これらの検出器モジュールを 32 個リング状に並べることにより、コンパクトな PET 検出器リングを実現した。

各検出器モジュールからの信号は、光ファイバーを介して直接コンピュータに収集され、ここでソフトウェアにより同時計数する方式とした。これは、将来の PET システムを先取りした設計コンセプトである。装置の外観と計測状況を図 2 に示す。

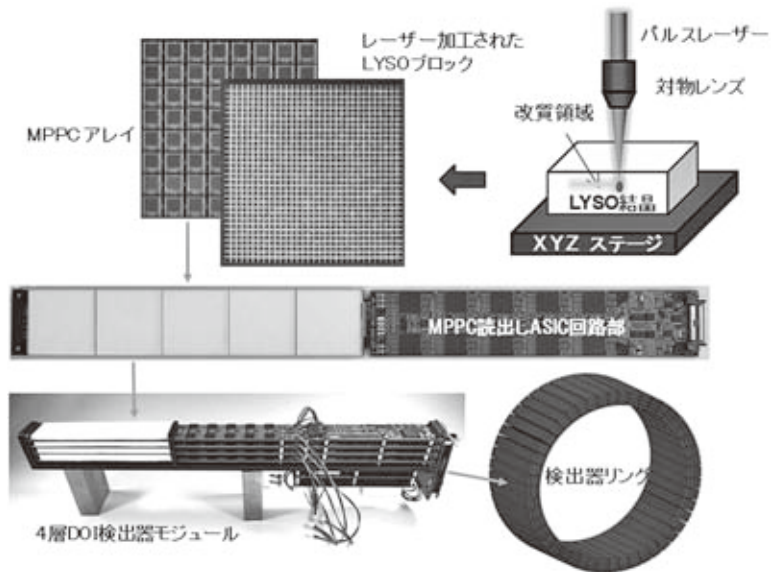
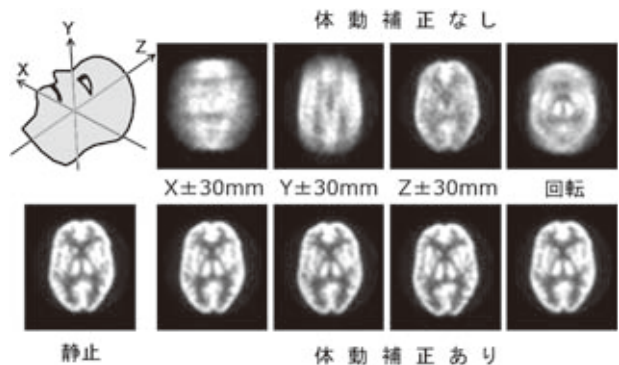


図1 4層構造のPET検出器モジュール

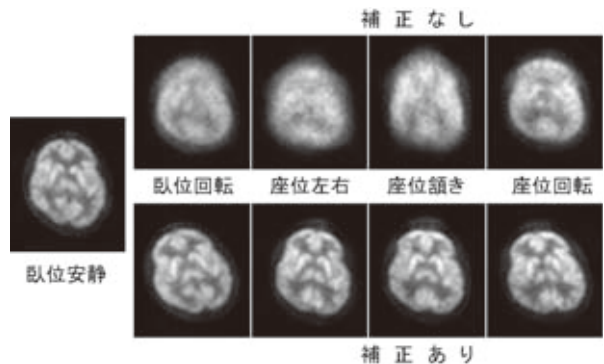


図2 体動補正機能を持つ高解像力PET装置

被験者の体動計測のため、被験者のキャップに取り付けた4個のLEDを2台の高速カメラで検出して、被験者頭部の3次元的な動きを1mm程度の精度で計測する方式を開発した。このダイナミックな位置情報を用いてPET収集データを補正する技術、被験者頭部がPETの有効視野内から外れた場合に検出器リングが被験者をトラッキング（追尾）する機能を開発した。



(a) ファントムを用いた実験結果



(b) ヒトを対象とした実験結果

図3 体動補正によるぶれ画像の修復

3 PETの性能

ファントム実験により本装置の性能を検証し、視野全域にわたり約2 mmの均一な解像力が得られることを確認した。

また、頭部ファントムを用いた実験により良好な体動補正が得られることを確認した後、ボランティア計測を実施した。図3に、ファントム及び健常者ボランティアによる体動補正の実験結果を示す。体動補正機能により、良好なPET画像が得られることが分かる。

4 まとめ

新しい技術を適用して、被験者を非拘束で計測できる頭部用PET装置を試作した。ここで開発したMPPCを用いたPET検出器は、高磁場中でも動作が可能なため、PET/MRI装置に適用できる。また、同時計数機能をコンピュータ内で処理することにより、検出器の数や検出

器リングの幾何学的構造を設計変更しても、ハードウェアを大きく変更せずにソフトウェアの書き換えだけで対応できる。したがって、開発したPET装置の検出系と処理系は、小動物用PETから臨床用PETまで幅広く適用が可能である。

現在、本装置は浜松医科大学メディカルフォトリクス研究センターに設置され、認知症や脳機能疾患の臨床研究に利用されている。

最後に、本成果は(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務の結果得られたものである。

参考文献

- 1) 山下貴司, 基礎研究から臨床研究への橋渡し促進技術開発, 成果報告会予稿集, 72-75 (2012)
- 2) Moriya, T., *et al.*, *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, **57**(5), 2455-2459 (2010)