

# 乳房専用 PET 装置

(株)島津製作所 医用機器事業部 技術部  
大谷 篤



## 【はじめに】

早期の乳がん(Ⅰ期:2cm以下で転移なし)は10年生存率が約90%と高いにもかかわらず、乳がんによる死亡者数は年々増加を続けている。このため、微小な乳がんを検出する技術が、死亡者数の減少に貢献することに期待が寄せられている。全身用PET装置はがん検査の装置としてその有用性は高いものの、画像の解像度(以下、空間分解能)が微小な乳がんの描出に対しては不十分である。また空間分解能の高い診断画像を得るためには、同時に装置感度も高めて画像の信号雑音比(S/N)を確保する必要がある。そこで我々は、空間分解能と感度の両方を高めた乳房専用のPET装置の試作機を開発し<sup>1)</sup>、臨床研究を通して全身用PET装置では得られない微小な乳がんの描出が可能であることを確認した<sup>2)~5)</sup>。更に2014年9月には、臨床研究で得られた知見を反映し、寝台のデザインを一新した臨床用途の乳房専用PET装置 Elmammo<sup>®</sup>(エルマンモ)を販売開始した。

本稿では、装置の特長、技術的特長、そして装置仕様について紹介し、2013年7月に認められた乳房専用PET検査の保険診療の流れに触れる。最後に臨床画像例を紹介して今後の展望について述べる。

## 【装置の特長】

被検者の安全面を考慮し、更に被検者の緊張を緩和するよう、寝台を柔らかな曲線で構成した。その特長を以下に示す。

- 寝台の高さを67cmまで低くし、乗り降りしやすくした
- 頭部を支える部分を一段低くして、うつ伏せの姿勢をとりやすくした
- 固さの異なる2種類のクッションを組み合わせ、心地よさとセッティングの容易さを両立した



図1 装置外観と検査風景

## 【技術的特長】

### (1) 高感度な検出器配置

高い装置感度を実現するには、PETの検査薬から放出される511keVの $\gamma$ 線に対する検出能力が高い検出器を、乳房に近接させることが有効である。本装置では、装置寝台上部に位置する部分に片側の乳房だけが入るサイズの円形の穴を設け、その穴の周囲に高感度検出器を近接配置した。被検者はこの円形の穴にうつ伏せの体位で片側の乳房を挿入(図2参照)することで乳房を圧迫・固定することなくPET検査を受けることができる。うつ伏せの検査体位は、乳房が自重により下垂伸長して撮像視野内に入りやすくなるというメリットもある。また、左右の乳房に関してそれぞれの3次元データを取得するので、左右別々にそれぞれに最適な表示条件での任意の断面を作成することができる。

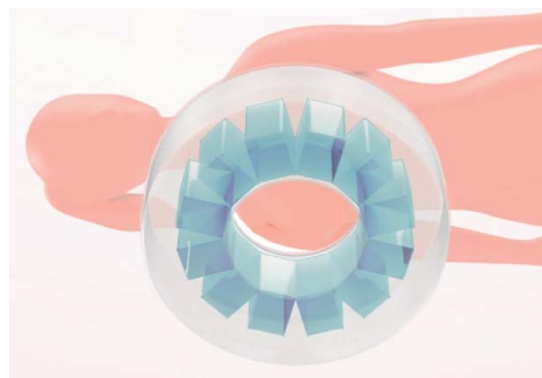


図2 検出器配置(寝台背面より)

### (2) 高空間分解能を実現する検出器

高空間分解能を実現するために、検出素子の断面サイズを1.44mm×1.44mmと微小化し、深さ方向相互作用位置(DOI: Depth Of Interaction)情報を取得するDOI検出器を開発した(図3参照)。DOI検出器は、その解像度が $\gamma$ 線の入射方向の影響を受けにくいいため、斜め入射成分の多い視野周辺部でも小さな集積が高コントラストに描画できるようになる。これにより、全身用PET装置では得ることのできない均一な高空間分解能の断層画像が得られるようになった。

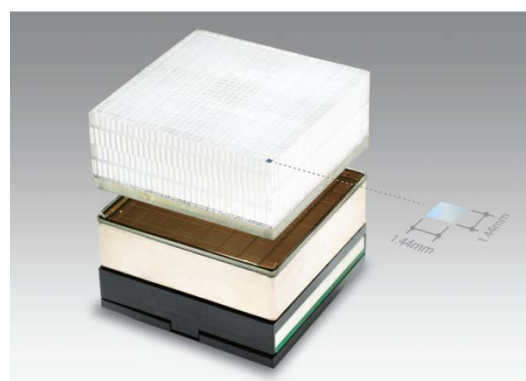


図3 DOI 検出器

### (3) 定量性に優れた診断画像

本装置は、偶発同時計数補正、吸収補正、減衰補正、散乱補正、不感時間補正、相互校正などPET画像の定量性を確保するために必要な機能を備えているため、Bq/ml値、SUV(Standardized Uptake Value)値など、全身PET画像と同じ定量指標値を提供することができる。

## 【仕様】

全身用PET装置の性能評価指標として、NEMA(National Electrical Manufactures Association Standards publication)NU2(以下、NEMA NU2)があるが、本装置は全身用PET装置に比べて検出器径が小さく、NEMA NU2で規定されているファントムの径は円形に配置した検出器の径より大きいため物理的に入らない。そこで、実験小動物用PET装置の性能評価指標であるNEMA NU4にて本装置の性能評価を行った。NEMA NU4での本装置の性能仕様を表1に示す。空間分解能は、全身用PET装置がNEMA NU2にて3.5~4.5mmFWHM程度であるのに対して、

本装置では1.5mmFWHM以下の高分解能を実現している。また、感度も全身用PET装置がNEMA NU2にて0.01cps/Bq程度なのに対して、本装置では0.09~0.13cps/Bqと高感度になっている。

表1 Elmammo の性能仕様の一覧

項目		仕様値*	
空間分解能	半径5mm	横断面	1.5 mmFWHM 以下
		体軸方向	1.5 mmFWHM 以下
	半径50mm	横断面半径方向	1.5 mmFWHM 以下
		横断面接線方向	1.5 mmFWHM 以下
		体軸方向	1.5 mmFWHM 以下
感度	体軸方向中心位置	0.09~0.13 cps/Bq	

\*エネルギーウィンドウ：275~800 keV、タイムウィンドウ：3.4 ns

### 【ファントムによる視覚評価】

径の異なる複数の穴(ロッド)が空いた小動物用DERENZOファントムに<sup>18</sup>F-FDGを充填し、全身用PET装置とElmammoとで撮像した比較画像を図4に示す。

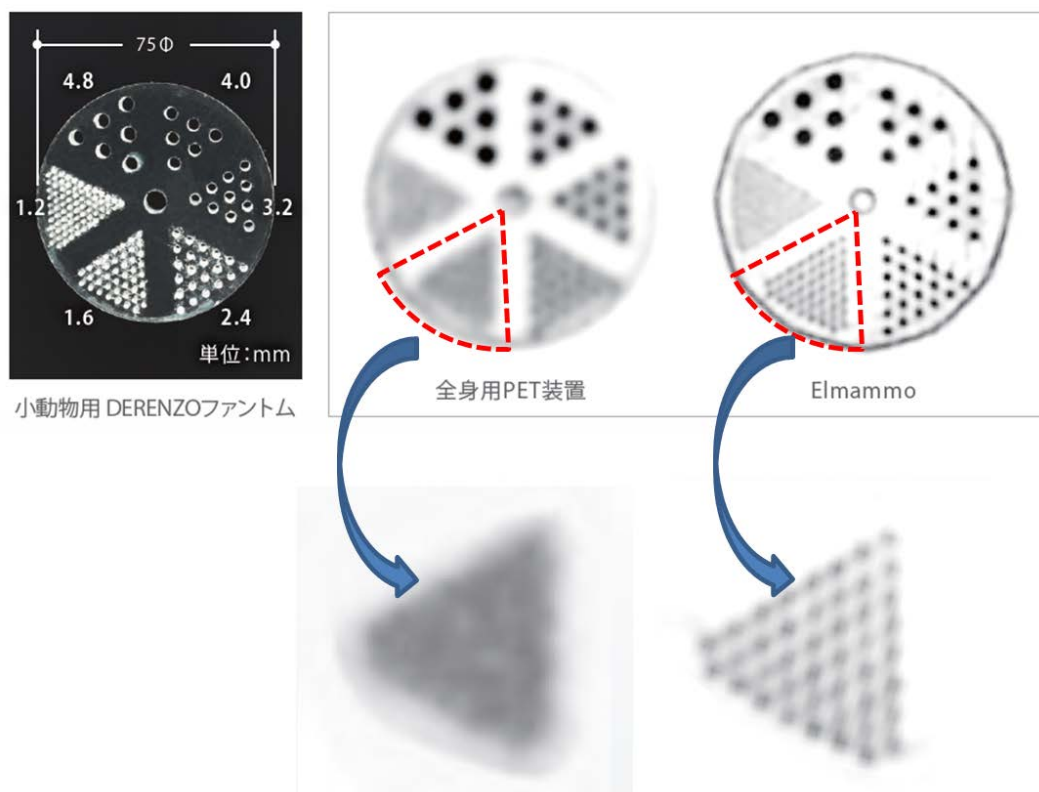


図4 小動物用DERENZOファントム画像

上段 左:ファントム写真、中央:全身用PET装置、右:Elmammo

下段 左:全身用PET装置 1.6mm ロッド画像、右:Elmammo 1.6mm ロッド画像

全身用PET装置では描出することができない1.6mmのロッドを、Elmammoでは明瞭に描出できており、本装置が全身用PET装置に比べて空間分解能が優れていることが確認できる。

## 【保険診療のフロー】

2013年7月に乳房専用PET検査による乳がん診断の保険診療が認められたが、「全身FDG-PET検査の同日に検査を行う」ことが保険適用要件となっている。被検者にとっては全身FDG-PET検査後に回復室で安静にする時間の一部を利用して、片胸5～6分ずつ割り当てて検査できるので、検査に掛かる拘束時間が増えることはない。また、全身FDG-PET検査と同日に乳房専用PET検査を行うので、乳房専用PET検査の目的のためだけに<sup>18</sup>F-FDGを投与することはなく、追加の被ばく・薬剤費が発生しない。従って、コストを抑えつつ全身PET検査に追加して、より詳細な乳がんに関する診断情報が得られるフローになっている(図5)。



図5 <sup>18</sup>F-FDGによるがん診断の検査フロー例

## 【臨床画像例】

図6に、乳房専用PET装置で撮像した右胸のAxial画像(左図)と全身用PET/CT装置で撮像した胸部のAxial画像(全身PET画像: 中図, 全身CT画像: 右図)を示す。全身PET画像では点線の丸枠内に大きな一塊の集積が認められる。それに対して、乳房専用PET画像(左図)では、その高空間分解能により複数の集積が高いコントラストで描画されている。また、乳房の輪郭も描画されており、乳房内の集積部の位置の情報も得やすい画像となっている。

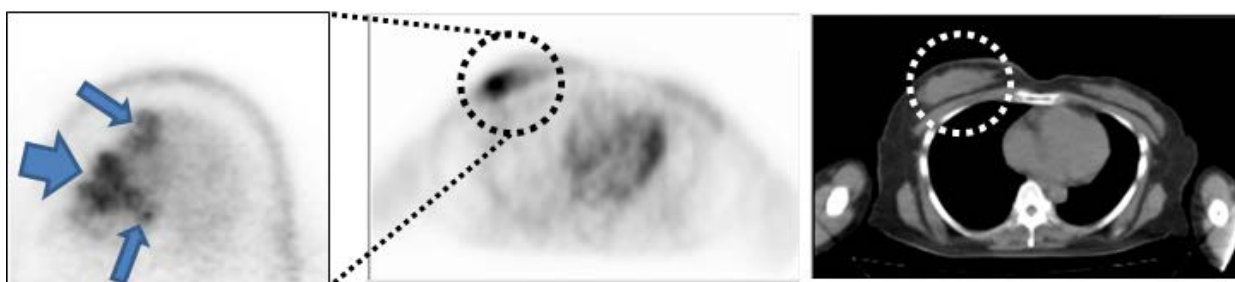


図6 臨床データによる全身用PET/CT装置との比較(Axial画像)

左: 右胸の乳房専用PET画像、中央: 全身PET画像、右: 全身CT画像

図7には、別の症例での乳房専用PET画像のSagittal MIP像(左図)と、全身PET画像のCoronal MIP像(右図)を示す。全身PET画像では、点線の丸枠内に淡く一塊で描画されるが、乳房専用PET画像では、円環状の大きな集積と、その大きな集積から離れた場所に小さな集積が複数描画されている。



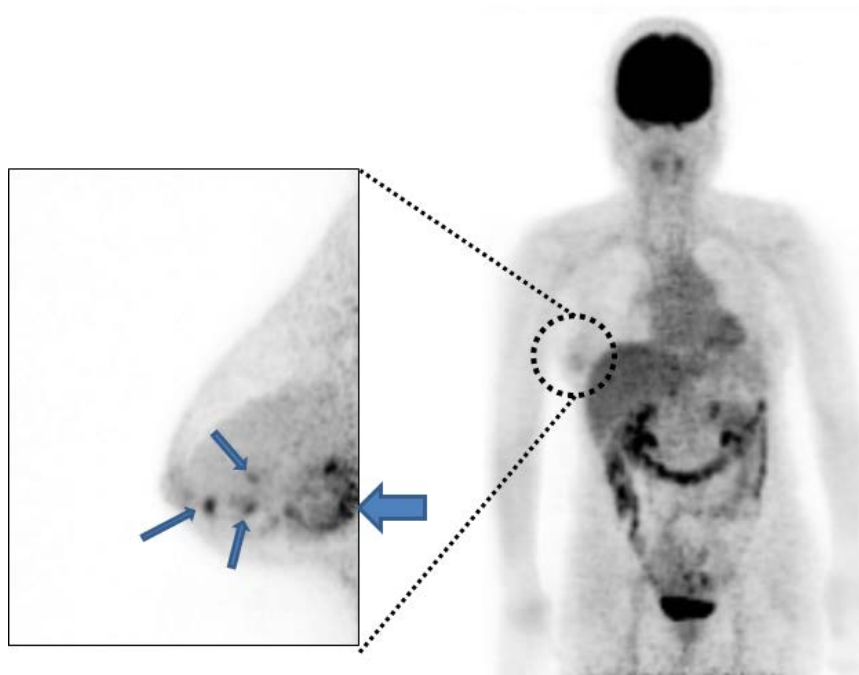


図7 臨床データによる全身PET画像との比較(MIP画像)  
左:右胸の乳房専用PET画像(Sagittal像)、右:全身PET画像(Coronal像)

このように、乳房専用PET装置は高精細な画像が得られる為、全身用PET/CT装置よりも詳細な情報を得ることができる。

### 【おわりに】

寝台デザインを一新して2014年9月に販売を開始したElmammoは、既に複数台が臨床現場で稼働している。Elmammoは全身用PET/CT装置よりも微小な集積を描出できることから、微小な乳がんを検出して乳がんによる死亡者数の減少に貢献することが期待される。今後はさらなる画質・操作性の向上に努め、乳がんの疑いがある被検者に対する精査や、化学療法に対する効果予測や効果判定など、乳房専用PET検査の新たな臨床価値の創出に貢献していきたいと考える。

本稿で使用した臨床データは社会医療法人厚生会 木沢記念病院 放射線科よりご提供いただいた。ここに深く感謝の意を表する。

### 【参考文献】

- 1) K.Miyake, *et al.* : Performance Evaluation of a New Dedicated Breast PET Scanner Using NEMA NU4-2008 Standard, JNM, 55, 1198-1203(2014)
- 2) 金尾昌太郎 : 乳房専用PET装置, インナービジョン, 27・12, 56~57(2012)
- 3) M.Iima, *et al.* : Clinical Performance of 2Dedicated PET Scanners for Breast Imaging: Initial Evaluation, JNM, 53, 1534-1542(2012)
- 4) 金尾昌太郎 : 乳房専用 PET装置を精密検査にどう生かすか?, インナービジョン, 28・8, 40~43(2013)
- 5) 三宅可奈江, 中本裕士 : 乳房専用PET装置の可能性と今後の乳癌診断への影響、月刊新医療、2015年1月号、186~189(2015)