

全身用半導体 SPECT-CT Discovery NM/CT 670 CZT の使用経験

宮崎 雄貴 高橋 将史
埼玉医科大学病院 中央放射線部

Experience with Semiconductor Whole-Body SPECT-CT Discovery NM/CT 670 CZT

Yuuki MIYAZAKI and Masafumi TAKAHASHI

Department of Central Radiological Technology, Saitama Medical University Hospital

Key words : CZT, SPECT-CT, Semiconductor

1. はじめに

CdZnTe (CZT) 検出器搭載型ガンマカメラの核医学検査における有用性は以前より知られており、心臓核医学分野ではその特性を活かした検査が行われている¹⁾。全身用に対応した装置への応用に関しては CZT 検出器の製造コストや品質の安定供給等の問題から実現は困難であったが、CZT 量産技術の向上により2016年頃から全身用 CZT 検出器搭載型ガンマカメラが臨床稼働し始めている。

埼玉医科大学病院では本邦で初めて全身用半導体 SPECT-CT である GE Healthcare 社製 Dis-

covery NM/CT 670 CZT (**Fig. 1**) を2017年7月より稼働させている。本稿では装置の概要と使用経験について記述する。

2. CZT 検出器について

2-1. 機構と成り立ち

全身用半導体 SPECT-CT は従来のアンガー型ガンマカメラの検出器部分に NaI (Tl) 単結晶ではなく半導体である CdZnTe (CZT) を用いたものである。CZT 検出器は γ 線を直接電気信号へ変換するため、光電子増倍管 (PMT) を介する必要が無い (**Fig. 2, 3**)。よって NaI (Tl) 単結晶の装置と比べ高い感度と、優れた計数率特性を有している。さらに入射した γ 線に対し検出器が励起する閾値が低く、より多くの信号でエネルギーを表現できるため、優れたエネルギー分解能特性を備えている。

本装置では 4 cm 四方の検出器ユニットが X 方向に13個、Y 方向に10個並ぶことにより、51×39 cm とアンガー型装置と遜色ない広い有効視野が確保されている。この構造は検出器に不具合が生じた場合、ユニット単位での交換で対応できるのでメンテナンス性も向上している (**Fig. 4, 5**)。

装置の安定稼働のために精度管理として、毎朝装置を使用する前に均一性等を確認する必要がある。表示付認証機器である ^{57}Co の面線源 (^{57}Co : 半減期は271.7日) を使用し Daily QC を



Fig. 1 Discovery NM/CT 670 CZT の外観。16 列 MDCT を備えている。

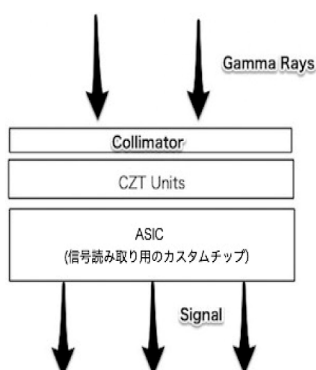


Fig. 2 CZT 検出器の概要

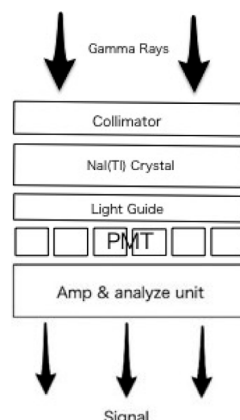


Fig. 3 NaI (TI) 検出器の概要



Fig. 4 CZT detector

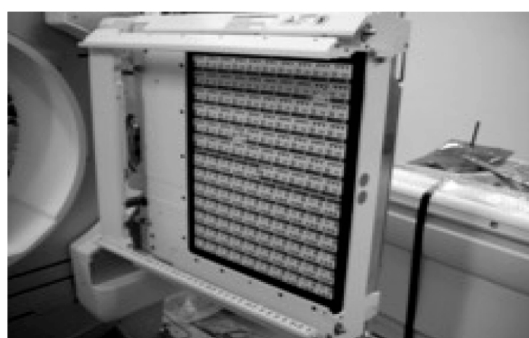


Fig. 5 CZT detector を露出させた検出器ヘッドの様子



Fig. 6 ^{57}Co 面線源を使った始業点検の様子

行っている (Fig. 6)。当院では検定日で 370 MBq の面線源を使用しているが、検定日から日が浅いと15分程度で終了するものの、一年経過すると減衰により30分以上の収集時間が必要であ

る。よって定期的な面線源の更新を考慮する必要がある。

本装置ではアンガー型装置に比べ検出器外枠（ブレインリーチ）が薄くなっていることも特徴の一つである (Fig. 7, 8)。このため、頭部 SPECT 撮像時に検出器と肩との干渉が無くなり、近接した撮像が可能となった (Fig. 9)。そのうえ検出器ヘッドの小型軽量化により、高速多軸駆動も実現している。

2-2. 心臓専用半導体 SPECT 装置との違い

心臓専用半導体装置の半導体検出器部分はL字型の形状を取っており (Fig. 10, 11)，専用コリ



Fig. 7 当院従来機種の検出器の様子。矢印に示す外枠部分が半導体検出器のそれと比べ厚い。



Fig. 8 Discovery NM/CT 670 CZT の検出器の様子。矢印に示す外枠部分が薄く出来ている。



Fig. 9 頭部領域 SPECT 撮像時の様子。肩との検出器接触が無いため、近接が可能である。

メーターとの組み合わせにより、半リング状に心臓にフォーカスするように配置されている。これにより、従来の SPECT 装置のように画像の収集に検出器を回転させる必要が無く、効率よく SPECT データやダイナミック SPECT データを得ることが可能である。

一方で撮像範囲は全身用のものと比べ限局されており、従来のアンガー型カメラのような広範囲



Fig. 10 心臓専用機である Discovery NM530c の外観 (GE Healthcare Japan ホームページ²⁾より)

の撮像や static、全身像の撮像は不可能である。

2-3. コリメーターの特徴

本装置には WEHR (Wide Energy High Resolution) コリメーターが付属しており、平行平板型のコリメーターである。コリメーターの孔が検出器の 2.46 mm の素子に対応した大きさになっている。

2018年9月の時点で使用できるコリメーターは WEHR 一種類のみであり、今後は使用核種に合わせた様々なコリメーターの開発に期待したい。

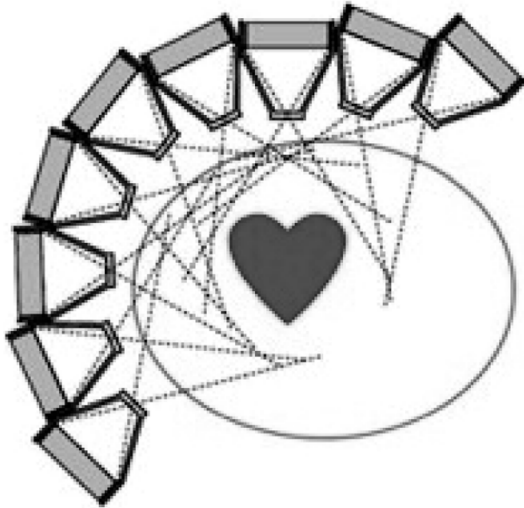


Fig. 11 半導体ユニットと心臓の位置関係の略図 (GE Healthcare Japan ホームページ²⁾より)

2-4. 検査対応核種について

本装置は 250 keV までの γ 線を対象としている。理由としては、CZT 検出部の厚みが限られており、250 keV 以上のエネルギーを持った γ 線に対しては検出器と相互作用を起こさず、透過してしまう割合が高くなることから感度が保証されていないためである。よって、当院での検査対象核種は ^{99m}Tc 、 ^{123}I 、 ^{111}In 、 ^{89m}Kr であり ^{67}Ga 、 ^{131}I はアンガー型装置で検査を行っている。

3. ^{99m}Tc - ^{123}I 二核種同時収集について

本装置の特徴として挙げられるエネルギー分解能の良さを活かし、NaI (Tl) 検出器では困難と

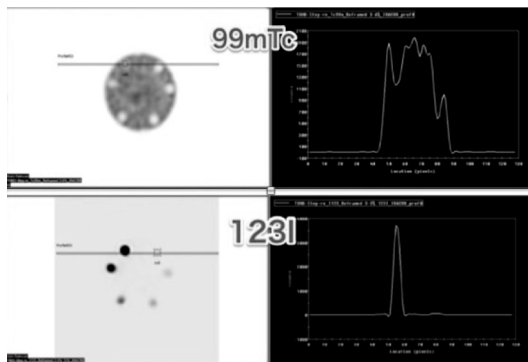


Fig. 12 濃度直線性ファントムを使った ^{99m}Tc - ^{123}I 同時収集の画像

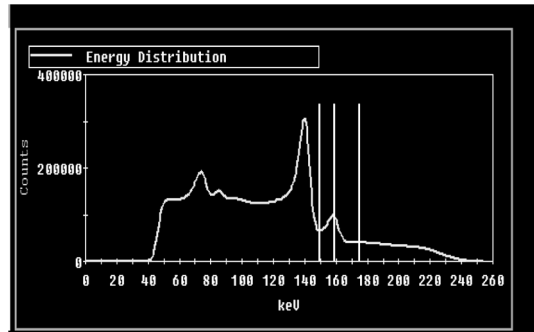


Fig. 13 ^{99m}Tc - ^{123}I 同時収集のガンマ線エネルギー分布の様子

されていた ^{99m}Tc - ^{123}I 二核種同時収集の実現が期待されており、現在至適収集条件についてファントム実験を行い検討している (Fig. 12, 13)。また、 ^{123}I -BMIPP と ^{99m}Tc -tetrofosmin を用いた二核種同時短時間収集の臨床研究が当院で行われている (Fig. 14, 15)。

全身用 SPECT 装置における ^{99m}Tc - ^{123}I 二核種同時収集は近い将来実現可能な技術であり、診断

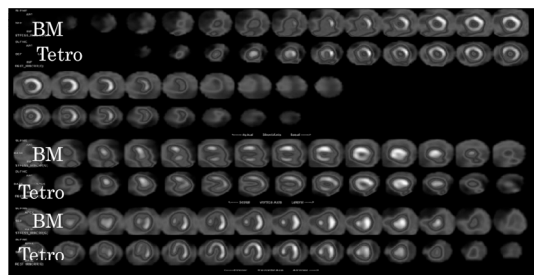


Fig. 14 ^{99m}Tc -tetrofosmin と ^{123}I -BMIPP 2 核種同時収集時の結果

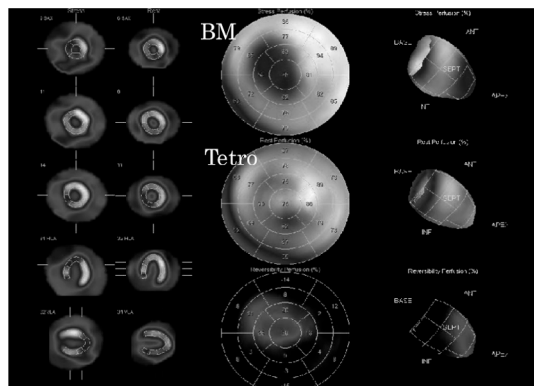


Fig. 15 ^{99m}Tc -tetrofosmin と ^{123}I -BMIPP 2 核種同時収集時の結果

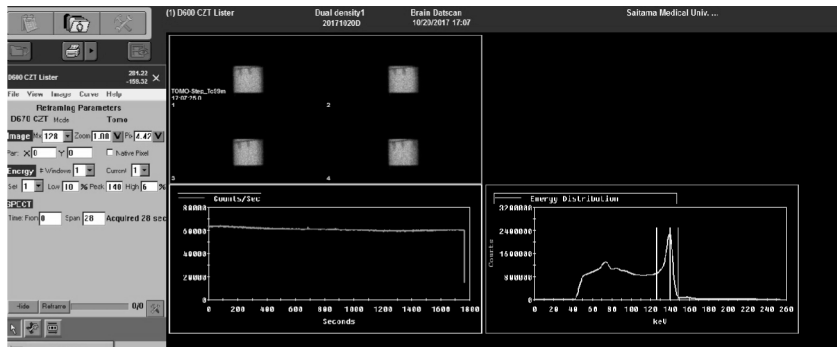


Fig. 16 Lister tool を使った実際の収集条件変更の様子

期間の短縮，通院による患者負担の軽減に貢献できる。

4. Xeleris（付属ワークステーション） 搭載の専用アプリケーションについて

4-1. List mode について

PET では普及してきている画像データの収集方法である。メモリ上の予め決められた位置座標上に γ 線のカウンタを積算していく従来のフレームモードとは異なり，検出器からの位置信号をそのまま格納することに加え，信号毎に時間， γ 線エネルギーのような情報を付帯する方式である。収集完了後でも時間，エネルギーウィンドウ等を変更した画像を作成することが可能である^{3,4)}。従来のガンマカメラでは対応している装置が少なかったが，本装置では標準で搭載されている。専用の画像処理ワークステーション

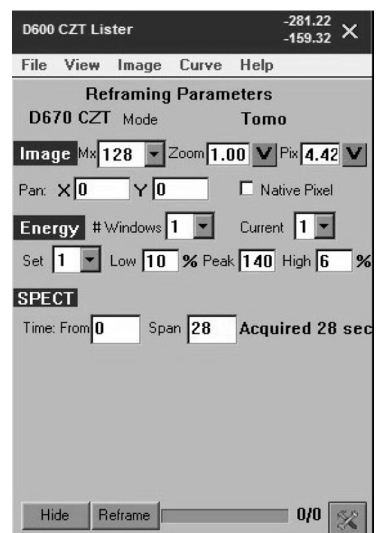


Fig. 17 Lister tool のパラメーター設定画面の様子

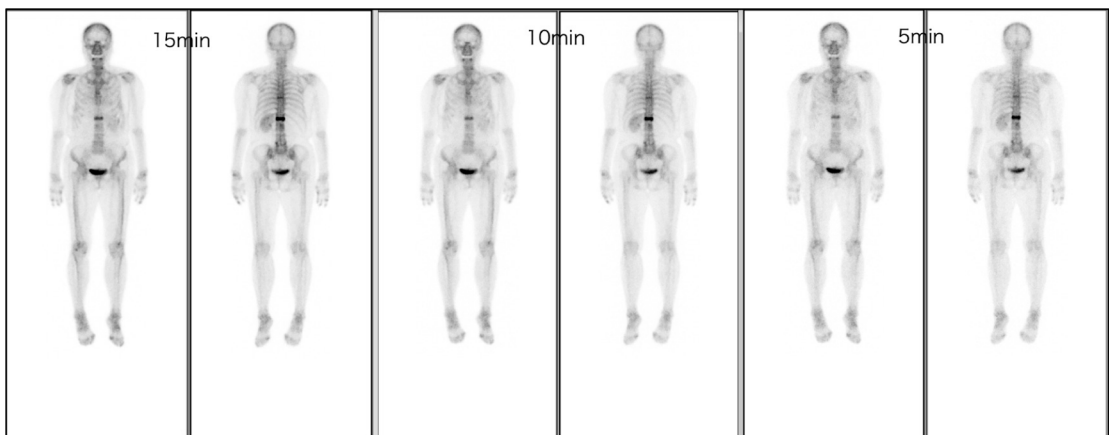


Fig. 18 List mode を使い同一の骨シンチ撮像データに対して15分，10分，5分の収集時間に相当するデータを作成し，画像を並べた。

Xeleris において、アプリケーション Lister tool を用いて解析を行う (Fig. 16, 17)。変更可能なパラメーターはマトリックス数、拡大率、画像位置、収集時間、エネルギーウィンドウ、ゲート数である。

List mode は一度撮像したデータから様々な画像を作成可能であり、収集条件の最適化や比較検討の際などに何度も収集する必要がないため、実験や研究の際には非常に有効である。骨シンチにおける Whole body 撮像データにおいて収集時間を15分、10分、5分と変えた画像を以下に示す (Fig. 18)。

また、収集プロトコルの選択を間違えた場合も、十分な収集時間が確保されていれば、一部の条件であれば後から適正化することが出来たり、撮像中に被験者の体動があった場合も体動の前後いずれかの画像を作成したりすることが可能なので、実際の臨床においても有効な機会があった。

使用上の注意点として、Whole body と SPECT については List Mode を使用する場合、continuous 収集が対応しておらず step & shoot での収集が必要となる。撮像時間に関しては当然のことながら、実際に撮像した時間以上の設定は不可能であるため、ファントム等撮像時間に制限が無い場合、可能ならば長時間の余裕を持った撮像時間の設定が有効である。

検出した信号は時間データとともにイベント単

位にてデータ化される。よって List mode 解析用データは大容量となる。撮像条件にもよるが約100~500 MB の容量をもつデータとなるため、格納領域の管理が欠かせない。ストレージの容量を超えてしまうと、ワークステーションの動作に影響を与える可能性があるので格納領域の残り容量に注意を要し、適宜データを消去したり、外部媒体へのバックアップをとる等の管理が必要である。

さらに List mode 解析用データと画像データは検査固有の番号で紐づいているためシリーズ名等を変更した場合、紐付けが切れてしまうことがあり、注意が必要である。ゆえにデータの紛失、整理整頓にも配慮した運用が必要である。

4-2. FAME について

FAME (Functional-Anatomical Mutual Enhancement) とは CT 撮影の骨格画像から得られた画像を基に、CT 値毎に区分けされたデータを利用して行う骨 SPECT 画像に対する補正のことである。詳細は公にされていないがこの技術を使うことにより、従来の骨 SPECT 画像をより鮮明に表現することが可能である。

FAME の効果としては、CT 画像由来のデータを使用する事で骨構造における画像コントラストの改善、シャープな画像表現が得られることである (Fig. 19, 20)。特長の1つとして、メーカーのプログラム開発コンセプトとして掲げられてい



Fig. 19 FAME を使い画像処理した例



Fig. 20 FAME を使わず従来通り画像処理した例

た “No bias due to CT prior” とあるように、CT 画像上での石灰化のような本来、骨由来ではない高 HU 値による影響を受けづらいという利点がある。

核医学画像における空間分解能の向上から部分容積効果の影響を受けづらいことも考えられるが、定量結果に対する影響は今後検証予定である。

5. おわりに

全身用半導体 SPECT-CT である Discovery NM/CT 670 CZT は従来のアンガー型装置では困難だった数々の課題を克服する可能性を秘めた装置である。

CZT 検出器の利点である高い CNR, 優れたエネルギー分解能の特徴だけに注目しても放射性医薬品の投与量の減量, 撮像時間の短縮, エネルギーウィンドウを狭くできることによる多数核種の同時撮像や散乱成分等の低減などの可能性があるのは容易に想像できる。今後、核医学検査は NaI (Tl) シンチレーターに代わって CZT 検出器がガンマカメラの主流になる可能性もあるだろう。今後は核医学技術の発展に貢献すべく、全身用半導体 SPECT-CT の特性、適性について理解

を深めていくと共に引き続き装置メーカーには核医学検査に有効な検出器マテリアルの探求を続けて頂きたい。

ご意見質問は

埼玉医科大学病院 中央放射線部

宮崎 雄貴

E-mail : ym0711ch@saitama-med.ac.jp

まで宜しくお願い致します。

参考文献

- 1) Simona Ben-Haim, John Kennedy, Zohar Keidar, et al: Novel Cadmium Zinc Telluride Devices for Myocardial Perfusion Imaging-Technological Aspects and Clinical Applications. *Seminars in Nuclear Medicine*, **46**(4): 273-285, 2016
- 2) GE Healthcare Japan ホームページ : Discovery NM 530c 製品紹介 : http://www3.gehealthcare.co.jp/ja-jp/products_and_service/imaging/molecular_imaging/spect/discovery_nm530c
- 3) 日本放射線技術学会監 : 核医学検査技術学, 改訂 3 版 : 130-132, オーム社, 2017
- 4) 李 亜明, 中嶋憲一, 滝 淳一, 他 : リストモード収集による心電図同期プールシンチグラフィー特に拡張期後期指標の信頼性について一. 北陸循環器核医学研究会記録集, **17** : 15-16, 1991