

■ 特集-4 半導体ガンマカメラの現場から：画像の収集と評価

高速分子イメージングを可能にした D-SPECT の特徴

High-speed molecular imaging D-SPECT

鈴木康裕 栗原まき子 歌野原祐子 井口信雄 住吉徹哉

Yasuhiro Suzuki Makiko Kurihara Yuko Utanohara

Nobuo Iguchi Tetsuya Sumiyoshi

公益財団法人 日本心臓血圧研究振興会 附属 榊原記念病院

Japan Research Promotion Society for Cardio-Vascular Diseases Sakakibara Heart Institute

これまでのガンマカメラではヨウ化ナトリウム (NaI) を結晶化した検出器を採用していた。近年急速に進歩した半導体結晶製造技術によってテルル化カドミウム/テルル化亜鉛カドミウム (Cadmium Telluride/Cadmium Zinc Telluride: CdTe /CdZnTe) がガンマカメラの検出器に採用されるようになった。これらの半導体検出器は放射線が半導体に入射した際に発生する電荷を信号に直接変換している。高いバンドギャップエネルギーによりシリコンやゲルマニウム半導体検出器のように液体窒素による冷却は不要であり室温での運用が可能である。さらに高原子番号、高密度であるということから優れた放射線検出効率、エネルギー分解能を有している。

Spectrum Dynamics Medical 社によって開発された心臓専用半導体 SPECT 装置 “D-SPECT” は、4 枚の CdZnTe ピクセル型検出器 (40 × 40 × 5mm) を縦に配列し、その上にタングステン製ピクセルマッチドコリメータを装着した検出部 (カラム) を楕円リング状に配置している (図 1)。9 個のカラムが回旋動作および直線移動することによりパノラマ投影データ (120 方向 × 9) を得る。このパノラマ投影データを独

自の逐次近似法によって画像再構成を行う。この方法を “Broad View Technology™” と呼んでいる。

D-SPECT は、リクライニングチェアを寝台として採用しており座位を基本に仰臥位、腹仰臥位などさまざまな体位で SPECT 撮像が行える。また、検査中に腕の挙上をする必要がない (図 2 a、b、c)。SPECT 撮像方法は時間収集法、カウント収集法、心筋カウント収集法の 3 つより選択可能である。この中で特筆すべき収集方法は心筋カウント収集法である。これはプレスキャンより得られた SPECT 画像から 3D エリアカウントレートを算出し、それを基に 3D-ROI を心筋に設定することでユーザーが設定したカウント数までの時間を求めることができる。この収集法がメーカー推奨であり、さらに 1 メガカウント以上を設定するよう推奨されている (図 3)。

われわれの基礎実験では ^{99m}Tc において従来型ガンマカメラと比較して感度 7.5 倍、分解能 2 倍という結果を得た。また、エネルギー分解能も 6% と高く ^{99m}Tc と ^{123}I の同時撮像も可能である (図 4 a、b、c)。

次に臨床例を提示する。このケースは安静時 ^{99m}Tc 心筋血流画像である。被検者の同意を得た上で 2 機種それぞれ撮像を施行した。上段が従来型ガンマカメラ、下段が D-SPECT である (図 5)。従来型ガンマカメラでは心筋外集積と心筋が結合しているが、D-SPECT では分離していた。そして撮像時間が従来型ガンマカメラでは 10 分、D-SPECT では 2 分であった。また、D-SPECT は低投与量での撮像も可能である。ノーマルボランティアによる低投与量 ^{99m}Tc 安静時心筋血流画像である (図 6)。投与量は 25MBq で被ばく線量は 0.095mSv であった。

D-SPECT は、高速 SPECT 撮像、低投与量 SPECT 撮像のどちらも実現できる。現在、われわれは $^{201}\text{TlCl}$ を使用した低投与量検査を行っている。投与量の設定

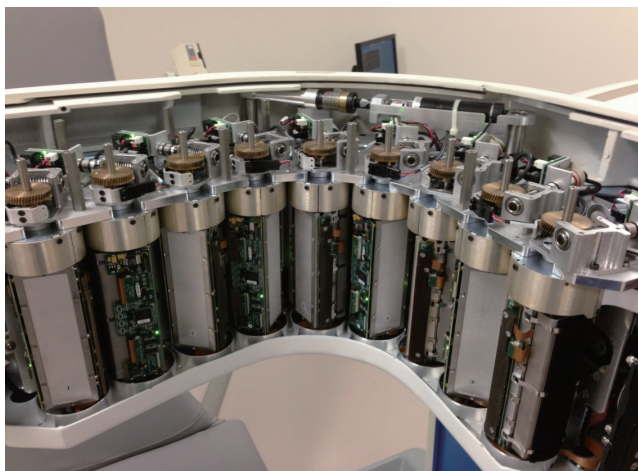


図 1 D-SPECT 内部構造



図 2 a Upright Position (座位)

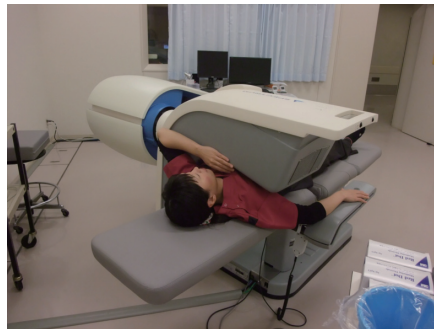


図 2 b Supine Position (仰臥位)



図 2 c Prone Position (腹臥位)

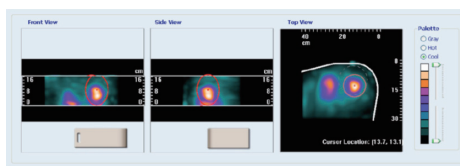


図 3 D-SPECT 設定画面

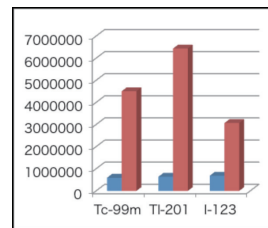


図 4 a 感度比

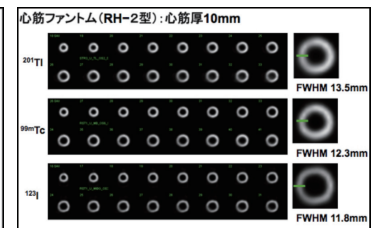


図 4 b D-SPECT 分解能

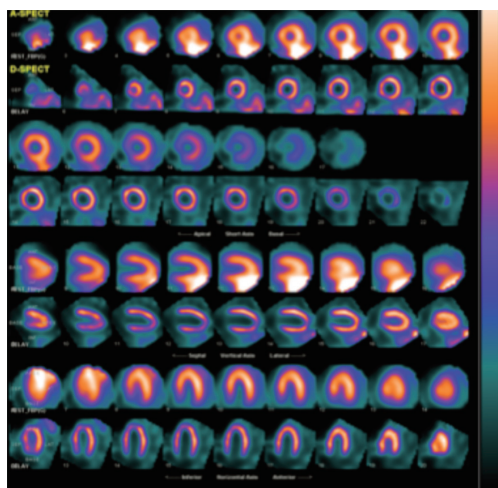


図 5 安静時 ^{99m}Tc 心筋血流画像
(投与量 600MBq 上段: 従来型、下段: D-SPECT)

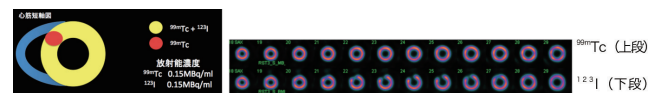


図 4 c ^{99m}Tc & ¹²³I ファントム実験

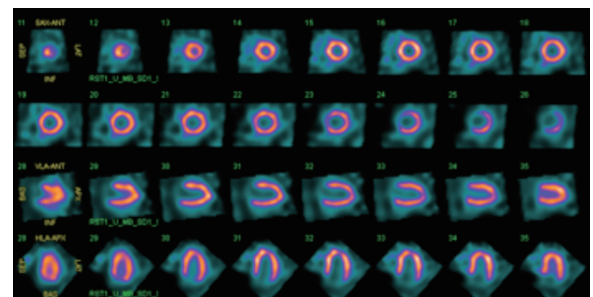


図 6 低投与量 安静時 ^{99m}Tc 心筋血流画像
(投与量 25MBq 被ばく線量 0.095mSv)

には運動負荷時 1MBq/kg とし、薬物負荷時 0.6MBq/kg としている。これは D-SPECT にて行われた負荷心筋 SPECT100 症例の体重と投与量とカウントレートから負荷時の撮像時間が 10 分間で心筋カウントが 1 メガカウント得られる投与量を算出したものである。

D-SPECT は、通常の投与量においては最速で 3 秒ごとの SPECT 撮像をすることができる。つまり、高速 Dynamic SPECT による心筋血流量を測定することができる。これによってバランス型虚血や多枝病変虚血、発達した側副血行の存在などの従来 SPECT が診断を苦手とした領域を補うことができる可能性がある。

最後に D-SPECT は、革新的な進歩を果たした心臓専用 SPECT 装置であり、高感度、高分解能という大きなアドバンテージを有している。これによって心筋分子イメージングの新たな知見や心臓核医学検査の低被ばく化が期待される。

〈参考文献〉

- 1) Anger HO. Scintillation camera with multichannel collimators. J Nucl Med. 1964;5:515-531.
- 2) Gambhir S S, Berman D S, Ziffer J, Nagler M, Sandler M, Patton J, Hutton B, Sharir T, Haim S B & Haim S B 2009 'A novel high-sensitivity rapid-acquisition single-photon cardiac imaging camera' J Nucl Med 50(4), 635-643.