

NUCLEAR MEDICINE IN CLINIC

臨床核医学

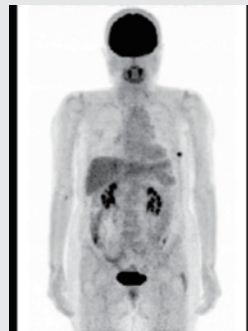
2020

Vol. 53 No. 2

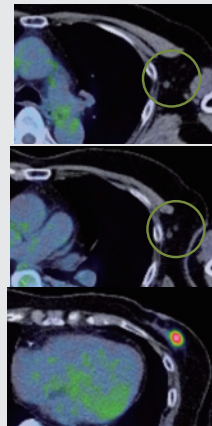
3月号 17~32頁

放射線診療研究会

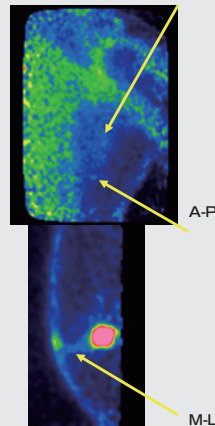
1968年創刊通算254号(奇数月刊行)

<http://www.meteo-intergate.com>(本誌論文検索用)

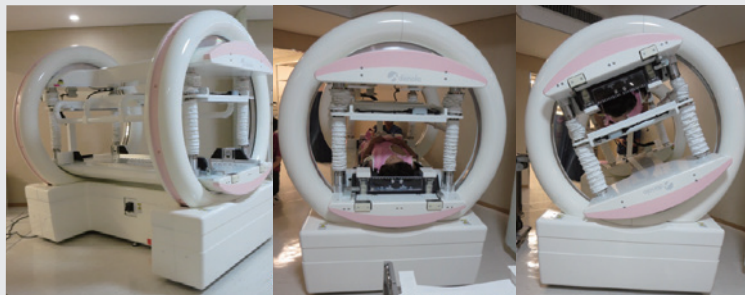
PET MIP



PET fusion



PEM

*See Page 18*ホームページ・Online版 www.rinshokaku.com

- [講演] 乳房専用PETと乳がん陽子線治療そしてプラスアルファ 18
山口 慶一郎
- [連載 核医学物理] PET装置の開発 その4.画像再構成編 23
高橋 美和子
- [学会報告] EANM 2019に参加して 27
福嶋 善光

講演

乳房専用PETと乳がん陽子線治療そしてプラスアルファ

mammo PET, proton therapy to the breast cancer and additional topics

山口 慶一郎 YAMAGUCHI Keiichiro

三つのトピックスについて述べる。

《PEM》

東北大で作成された乳房専用PETの概要について述べる。使用されているクリスタルは東北大学で開発されたPr:LuAGというクリスタルである(図1)。このクリスタルは現状よく使用されるLSOと比較して発光量はやや低いものの、GSO

よりは多く、まだ密度もGSOとほぼ同等である。さらに蛍光寿命がLSOの半分程度と非常に短い。このことは、クリスタルにおける数え落としの減少を意味し、不応時間の短縮、ひいては感度の上昇に結びつく。このためには、クリスタル以降の電気回路周り、特に半導体検出器などへの改造が必要である。ただし、発光波長が従来のクリスタルより短いために、従来開発された半導体検出器

図1 各種PET用クリスタルの比較

	BGO	GSO	LSO	Pr:LuAG
発光波長(nm)	480	440	420	310~370
発光量(BGO比)	100	200	400~500	330
蛍光寿命(ns)	300	56	41	20
密度(g/cm ³)	7.13	6.8	7.4	6.7
融点(°C)	1050	1950	2150	1970
エネルギー分解能(662keV, %)	12	10	10	8
長所	安価・実績	比較的高性能	密度・発光量	発光量短寿命
短所	低発光量 長蛍光寿命	劈開性 (結晶の割れ・加工困難)	Luの偏析 製造難	Prの偏析

LuAGの蛍光寿命の短さに注目

図2 PEMGRAPH



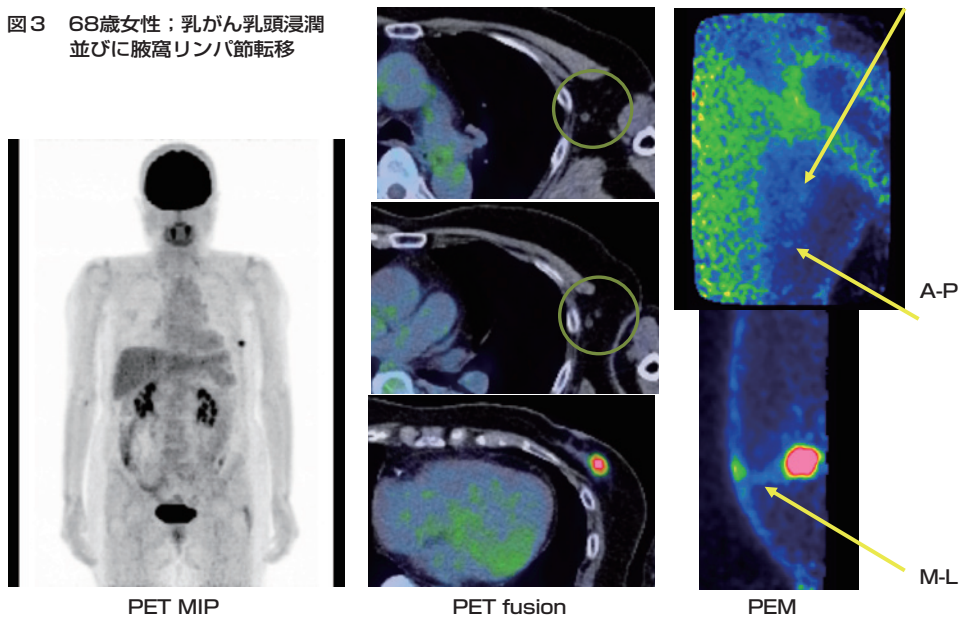
対向型の設計でML-EMで画像再構成を行う

聖マリアンナ医科大学 陽子線治療・先端腫瘍画像研究部門 〒216-0015 川崎市宮前区菅生2丁目16-1

TEL: 044-977-8111 E-mail: yamakei1030@marianna-u.ac.jp

Department of Proton therapy and Tumor Imaging, St. Marianna University School of Medicine

図3 68歳女性；乳がん乳頭浸潤並びに腋窩リンパ節転移



左側および中央のPET画像では原発巣へのFDG集積を認める。CTでは腋窩リンパ節は軽度腫大しているが、明らかなFDG集積を認めない。右図はPEMの画像で腋窩リンパ節へのわずかな集積並びに原発巣から乳頭部に淡い集積を認める。

が使用できるかについての検討が必要となる。

このクリスタルを用いて作成された乳房専用PETは対向型(図2)で、その有用性に関してはいくつか論文が出ている。これらによれば、長径1 cm以下の小病変の検出に関しては、従来の全身用PETと比較して優れており、全身用PETと併用することで、有意に検出率が増すこと、乳管進展などが術前に診断できるなど臨床的な有用性についての報告がなされている^{1),2)}。一方、胸壁に近い領域での検出の限界や、対向型であることにより、形状が変形してしまう欠点についても報告がある。

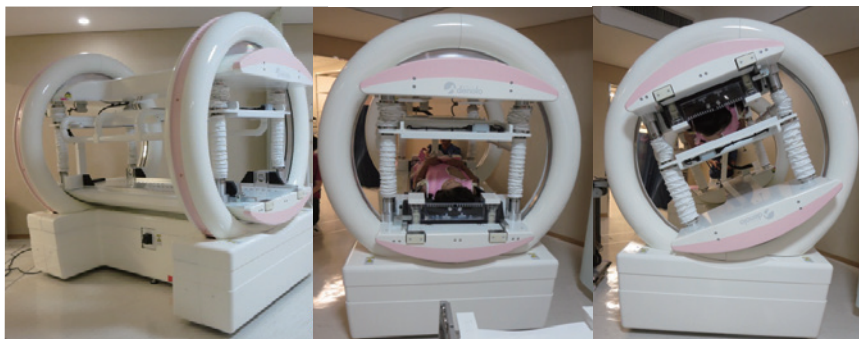
われわれは、この対向型の特性を使用して、腋窩リンパ節の検出の有用性について検討を行っている。乳がんの腋窩リンパ節の検出に関しては従来の方法では限界がある。一般的な方法としてはセンチネルリンパ節シンチがあげられるが、これは転移巣を陰性描出するもので、集積が完全に欠如したリンパ節に関しては存在を知ることができない。¹⁸FDG/PETは陽性描出ができるが、部分容積効果の影響で、微少リンパ節転移は集積がはっきりしないことがある。一方対向型の検出器では対象との距離を短くすることができるので、微少リンパ節転移を検出することができる。(図3)に68歳女性の乳がんの症例を示す。腋窩に2個のやや腫大したリンパ節を認めるが、全身PETでは¹⁸FDG集積がはっきりしない。PEMではこれら2個の腋窩リンパ節に軽度の¹⁸FDG集積を認める。これら2個の節には転移があることが手術で証明された。なお、この症例ではPEMでは乳頭浸潤が疑われたが、PETでは所見も得られなかった。このように従来のPETでは得られなかった腋窩リンパ節転移の陽性所見をPEMで

は得られる可能性がある。

《乳がん陽子線治療》

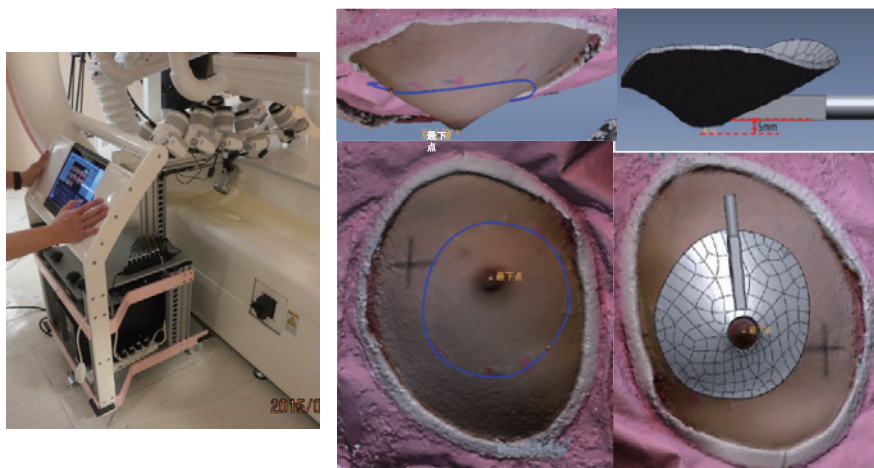
さて、このようにして腋窩リンパ節転移の有無について、積極的に詳細な情報が入るとした場合、次に行うべきことはいかに治療するかである。鹿児島県のメディボリス医学研究所では乳房に対する陽子線治療を試みている。乳房は可塑性の高い臓器であり、体位によって形状が変化したり、位置がずれることから放射線治療単独での治療は行われなかった。彼らは新たに乳房固定装置を開発、乳がんの陽子線治療を試みてきた。彼らの方法について述べる。横臥位に寝て、その後反転装置で腹臥位にする(図4)。その状態で複数のデジタルカメラで三次元カメラでシリコンカップを作成する(図5)このカップで乳房を用いることで、横臥位でも乳房を固定できる(図6)。このような条件でfield-in-field法で腫瘍の存在部位に62.4Gy/26F、乳房全体に46.8Gy/26F照射する。(図7)に具体的照射野を示す。問題となるのはbuild upによる皮膚への影響である。(図8)にphase1の患者の皮膚変化を示す。発赤紅斑から痂皮形成まで認められるが、色素沈着もなく経過観察になっている例もある。大きな問題とされている皮膚障害もコントロール可能な範囲にある。彼らは現在phase2に進み現在20例を目標に臨床治験を進めている。適応など詳細はすでにUMINに公表されているので詳細は略する³⁾。彼らのプロトコルではリンパ節転移がないことが一つの条件になっている。しかし、現行の方法ではすべてのリンパ節を調べている訳ではないという限界がある。このため、前述のPEMのような腋窩リンパ節すべてを陽性描出する検出方法が必要となると思われる。

図4 体位変換装置



背臥位に寝た患者を固定したまま反転し、腹臥位にして乳房を下垂させる。

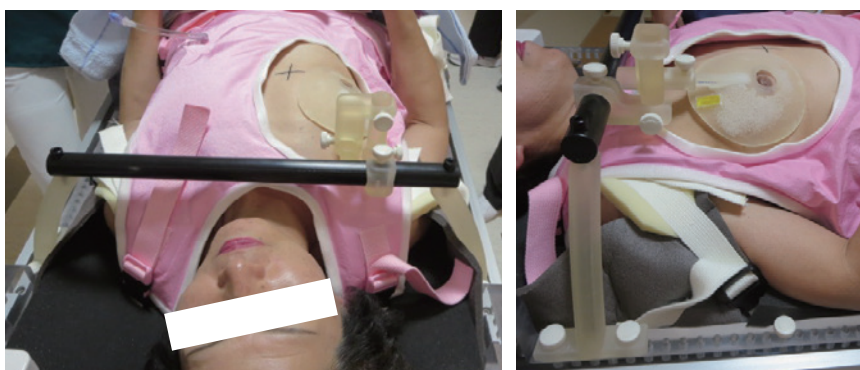
図5 乳房固定用カップの作成



Medipolis Proton Therapy and Research Center

下垂させた乳房を10方向から撮像し3次元データを得て、それを元として乳房固定用カップを作成する。

図6 乳房固定用カップの実際



乳房に密着させて装着後、陰圧を掛けてカップの形に乳房を変形させる。

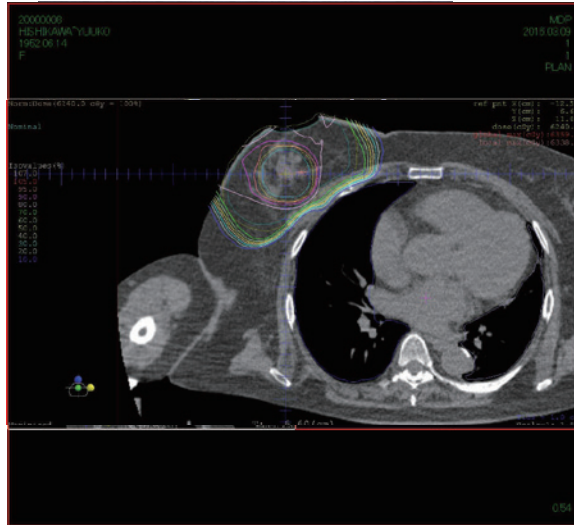
《DOTATATE治療》

現在行っている海外の病院との連携について最後に述べる。現在我々はマレーシアのSUNWAY病院と連携を行い、現在日本ではできないアイソトープ治療を行っている。具体例を示す。

患者は80歳男性で、10年前に肺腫瘍の手術を行

い、カルチノイドとの診断を得ている。その後5年後に肝転移で再発し、このときの病理診断でカルチノイド(SSTR receptor2.5陽性)となった。その後ソマトスタチンアナログによる治療を続けていたが、効果がなくCTで肝病変の拡大を認めため、当院外来を受診した。¹⁷⁷Lu-DOTATATE治療の適応があるか、まず⁶⁸Ga-DOTATATEの

図7 乳房照射の照射野



乳房全体に照射すると同時に腫瘍部にさらに追加する field in field 方式で照射する。肺にほとんど照射されない事に注意。

図8 乳房陽子線治療後の皮膚変化

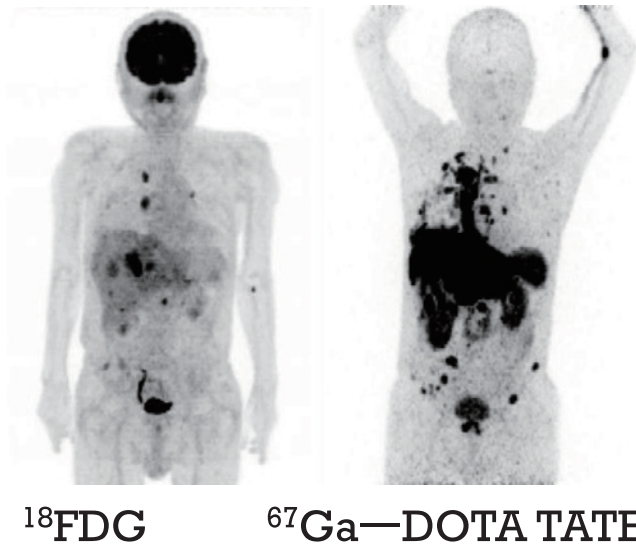


陽子線治療直後では発赤などの皮膚反応が認められるが、4ヶ月程度たつとほとんどわからなくなる。軽度の色素沈着が残る場合がある。

撮像をSUNWAY病院に依頼した。DOTATATEはソマトスタチンアナログであり、ソマトスタチン受容体を持つ神経内分泌腫瘍に対して親和性を持つ⁴⁾。(図9)に外来受診時の¹⁸FDG/PET画像ならびに⁶⁸Ga-DOTATATEの画像を示す。¹⁸FDGではっきりしなかった胸水中の腫瘍への集積や広範な肝転移への集積を認める。このことから、軽

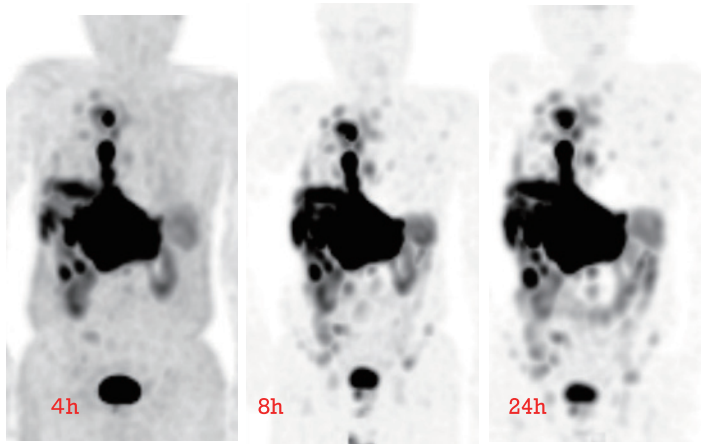
度の腎不全はあるものの、¹⁷⁷Lu-DOTATATEによる加療が可能だと判断し、SUNWAY病院に治療を依頼した。¹⁷⁷Luは半減期6.7日のβ放出核種(498KeV)であり、208KeVのγ線も放出するのでガンマカメラで撮像が可能である。(図10)に投与後4時間、8時間、24時間の画像を示す。肝転移を中心とし¹⁷⁷Lu-DOTATATEの集積が画像化

図9 ^{18}F FDGと ^{67}Ga -DOTATATEのPET画像



^{67}Ga -DOTATATEの画像ではFDGと比較して肝臓や右肺に高度の集積を認める。このように ^{67}Ga -DOTATATEの集積を認める事が ^{177}Lu -DOTATEを始める条件となる。

図10 ^{177}Lu -DOTAの経時的集積変化



^{177}Lu -DOTATATEの分布を投与御4時間、8時肝、24時間で撮像する。4時間後で認められた腎臓の描出は24時間後ではほとんど認められない。24時間後でも尿中排泄は認められ、腸管への排泄が認められる様になる。このように経時的な撮像を行うことにより、局所の照射線量や正常臓器の被曝線量を推計する事ができる。

されている。この集積から主要への照射線量並びにターゲット臓器である腎臓への照射線量が計算可能である。患者は経過良好であり、現在2度目の治療を行っている。 ^{177}Lu -DOTATATEの治療プロトコールとしては ^{68}Ga -DOTATATEで集積を確認した後、1回目の行い、6週間から8週間後に2度目の加療を行う。その後 ^{68}Ga -DOTATATEによる再評価を行い、治療効果が確認されたら追加で2回の加療を行い、計4回の加療で一クールが終了する。費用に関しては ^{68}Ga -DOTATATE約20万円程度、 ^{177}Lu -DOTATATEで一回90万程度である。ドイツやオーストラリアでの加療に比較して3割程度廉価である。マレーシアは時差が1時間であり、移動距離も短く、機構も温暖で、親日国家である。SUNWAY病院では ^{177}Lu -DOTATATEのみでなく、 ^{177}Lu -PMSA治療も行っている。国内で保険診療で加療ができるのが望ましいが、日本国内での内用療法を行うには残念ながらまだ時間がかかる。海外での内用療法も一つ

の選択しになると思われる。

以上関東ではまだ普及していない診断、放射線治療に関して概説した。インターネットの普及に伴い、患者の医療知識は大幅に増加し、治療への要求も多様化している。今後保険診療にとらわれず、患者の要望に応える引き出しをいくつか持っておく必要があると考えられる。

《参考文献》

- 1) Fuzuki Yano et al. AOJNMB;2019 3-7(1): 13-21
- 2) Gou Watanabe et al. European Radiology 2018;28(5):1929-1937
- 3) UMIN000017579早期乳がんに対する陽子線治療による乳房部分照射の安全性と有効性についての研究－第I/II相試験
- 4) Breeman, W. A. P. et al. *Seminars in Nuclear Medicine* 2011; 41 (4) : 314-321

PET装置の開発 その4.画像再構成編

高橋 美和子 TAKAHASHI Miwako 田島 英朗 TASHIMA Hideaki 山谷 泰賀 YAMAYA Taiga

今回は、PETの検出器で得られたデータから、トレーサの体内分布を知る手立てを確認します。私達は、FDGなどのRIを投与した後、PETの検出器により消滅放射線を検出します。PETの検出器は患者さんの体には全く触れることもありません。なのに、投与されたRIの体内分布を3次元の像として映し出す事ができます。つまり、解剖して臓器を取り出して計測したりすることなく、体内の位置ごとのRI濃度を知ることができます。

Q. なぜPETでは、体内のRI分布、つまりPETトレーサの位置・放射能濃度の情報を取得することができるのでしょうか？

A. PETで観測されたデータは、ある角度 θ における投影データ($P_\theta(r)$: Projection data)として並び替えることができます。投影データは、図1のように検出器面に垂直方向に存在する放射能濃度の合計値になります。ここでは簡単のため、減弱や散乱はないものとします。体内のRI分布を実像 $f(x,y)$ (Original image)とします。 $f(x,y)$ を二次元フーリエ変換した関数は、角度 θ の断面を切り取ると、同じ角度 θ における投影データを一次フーリエ変換した関数と一致することが数学

的に証明されています。この定理(式)は二次元投影定理といわれます。つまり、投影データと実像はフーリエ変換をすると等しいため、投影データによって、確かに実像を得ることができるわけです。

Q. 画像再構成法について、もう少し詳しく教えてください。

A. 画像再構成は、投影データから画像に変換するプロセスです。実際には、PETの放射線検出のプロセス、すなわちRI分布を投影データに変換する部分を数学的に記述した後、その逆変換として画像再構成法が導かれます。

まず、RI分布→投影データの変換の数式化です。画像から、ある角度 θ 方向への投影データを得る変換は、Radon変換といわれています(図2)。(x,y)空間から極座標系(r, θ)空間へ変換するには、回転行列を使用するのが簡単です。幾何学的にみると直観的にも分かりやすいです(図2の右図)。全ての方向からの投影データを得ます。つまり、 $\theta=0\sim 180$ 度の投影データを取得します。ただし、原点は同一であるとしします。

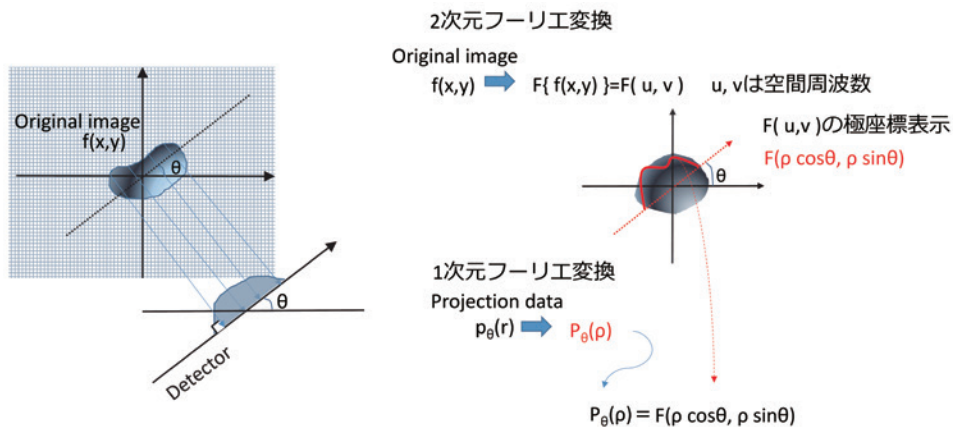


図1 二次元投影定理

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 量子医学・医療部門放射線医学総合研究所 先進核医学基盤研究部
イメージング物理研究グループ 〒263-8555 千葉県千葉市稲毛区穴川4-9-1

TEL : 043-206-3260 FAX : 043-206-0819 E-mail : takahashi.miwako@qst.go.jp

Imaging Physics Group

Department of Advanced Nuclear Medicine Sciences

National Institute of Radiological Sciences (NIRS), National Institute for Quantum and Radiological Science and Technology (QST)

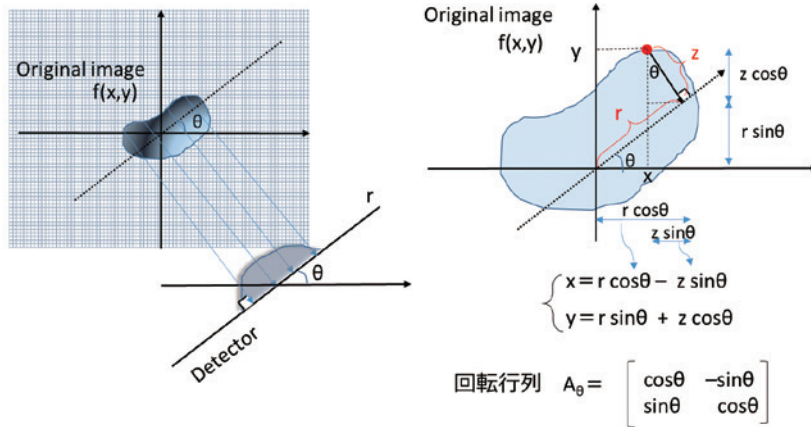


図2 ラドン変換：(x,y)から(r, θ)へ変換する

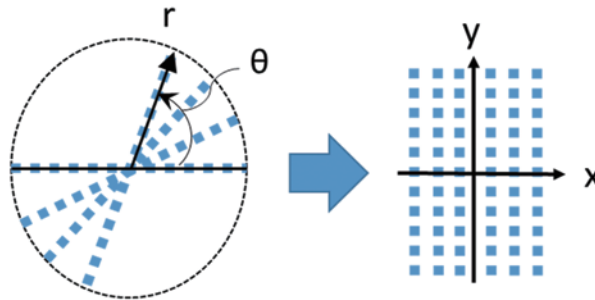


図3 極座標(r, θ)から直交座標(x,y)へ変換

次に、逆変換の方法を説明します。実際のPET検査では、画像再構成はここから始まります。まず、角度ごとの投影データを1次元フーリエ変換します。そして、フィルタをかけた後、逆フーリエ変換し、さらに極座標系(r,θ)を実空間(x,y)へ変換します。この時、ヤコビ行列を使用します。ヤコビ行列は微小領域である(dp, dθ)空間から微小領域(dx, dy)空間へ変換するフィルタ関数と考えることができます。この関数はRamachandranフィルタ(別名Ram-Lakフィルタ)と呼ばれます。先ほど、投影データを1次元フーリエ変換したものにフィルタをかけると説明しましたが、このフィルタがまさしくこれになります。結果として、図3のように、極座標系で得られたデータは辺縁でまばらになってしまいましたが、実空間では均等になるようにすることができます。

このような手法で原像を得る画像再構成法をFiltered back-projection (FBP) 法と言います。

投影データによって原像が得られることは1917年にJohann Radonによって最初に定式化されたと言われています。ただ、1917年はまだCTもPETもない時代なので、画像再構成を目的としたものではなかったと思われます。

Q. Shepp & Loganフィルタとは何ですか？

A. FBPで用いられるフィルタのうち、高周波成分の割合を減らしているフィルタです。放射線

計測におけるノイズはランダムに生じるので、高周波成分にも含まれます。これによって高周波ノイズを低減する作用が得られます。

Q. FBP法が定理に忠実な原像の再現法であることがわかりました。しかし、現在臨床では、OSEM法が主流です。FBP法との違いは何ですか？

A. OSEM (Ordered-subsets EM) 法は、MLEM (Maximum Likelihood Expectation Maximization) 法の高速度バージョンで、逐次近似型再構成手法の一種です。それに対して、FBP法は解析的手法といわれます。OSEM法も、定理に忠実な原像の再現法ですが、ベースとなる考え方が大きく異なります。

OSEM法は投影データをサブセットに分割し、MLEM法の欠点である収束の遅さを改善した手法であり、ここではMLEM法の概要について説明します。

図4のようにボクセルjがj=1~Jまでであるとします。視野内にRIが分布しているはずで、この分布f_jを知りたいのですが、未知の情報です。検出器ペアiで観測された値g_iは私達が唯一、PETによって知りうるデータとなり、かつ、その観測値はポアソン分布に従うと仮定することができます。f_jがg_iとして観測されるには、実際には、視野内の位置に対する検出器感度の違いや、核種

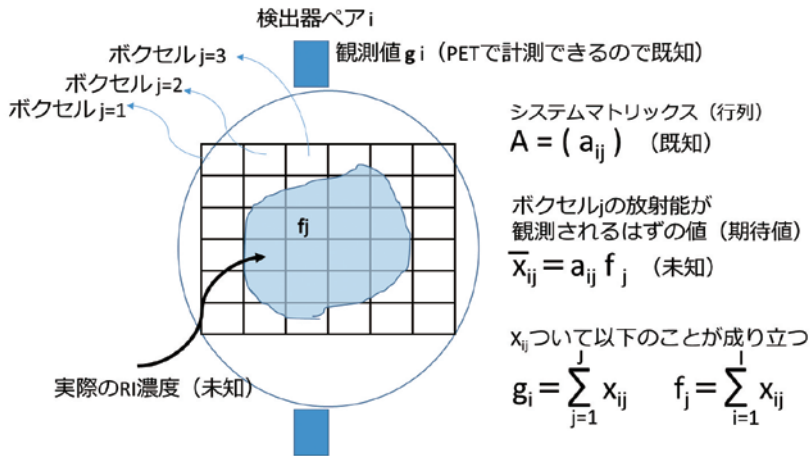


図4 逐次近似型再構成法を考える際のRI分布と検出器

崩壊に起因する統計学的ノイズが影響します。もし、こうした事象がどのように起こるか分かっていたら、あらかじめ画像再構成法に組み込み、その影響を抑えることが得策です。よって逐次近似型再構成手法では、 f_j が検出器ペア*i*で検出される確率(a_{ij})を定義します。この確率はシステムマトリックス(行列)と呼ばれ、 f にシステムマトリックス $A = (a_{ij})$ をかけたものが、観測データ g_i になると考えることができます。

このような条件から、もっとも確からしい f を求める手法がMLEM法です。あるRI分布 f が存在するという条件下で、 g が観測される確率密度関数を $P(g|f)$ とします。しかし、私達は f が未知の情報で、 g のみが既知の情報です。そこで、 g が観測されたという条件下で f を変数とし、観測データが g となる可能性が高い確率分布のパラメータを、 f を変数として探すという考え方をします。これが尤度関数です。尤度関数は確率密度関数 $P(g|f)$ と同じ式で表されますが、変数が g ではなく f となります。計算を簡単にするため、 $P(g|f)$ の対数をとった尤度関数を $L(f)$ とします。この $L(f)$ を最大化することが目的となりますが、これ自体を解くのは難しいです。そこで、さらに x_{ij} という変数を導入します。 x_{ij} はボクセル j で発生して検出器 i で観測されるはずの値となります。 x_{ij} の期待値は $a_{ij} f_j$ となります。ここであらたに確率密度関数を $P(x|f)$ として、対数尤度関数 $L(f)$ を考えます。これを最大化する手法としてEMアルゴリズムを利用します。Eステップでは、まず、観測データ g と k 回目の推定された f^k から計算される x_{ij} の期待値を固定した代理関数を構築します。ここで、変数は f であり、代理関数が増加すると、同時に $L(f)$ も増加するように構築します。Mステップとして代理関数を最大化するために偏微分をします。これにより $f^{(k+1)}$ は、 $\sum a_{ij} f^k$ と観測データ g との比、およびシステムマトリックスで成り立つ式となります。 $\sum a_{ij} f^k$ とは、 k 回目に推定された順投影データであり、これと、

観測データ g から $f^{(k+1)}$ が算出されることとなります。

Q. 結局のところ、FBPとOSEM法(MLEM法)の違いは何ですか？

A. FBP法と比したMLEM法やOSEM法の特徴をまとめてみましょう。

MLEM法では、検出器のボケ関数やノイズの統計的性質を考慮した上で、もっとも確からしい画像を得ることができます。FBP法は、検出器のボケやノイズの存在を想定していません。よって、検出器ボケやノイズの影響を強く受けるPETにおいては、MLEM法のほうがFBP法よりも高解像度・低ノイズの画像を得ることができます。この恩恵は、OSEM法でも全く同じです。

FBP法は g から f を得る式になっていますが、MLEM法では、 k 番目の f から $k+1$ 番目の f を得る式しかありません。よって、MLEM法では、何回目で反復を止めたらいかがかという問題が残ります。収束したら(変化がなくなったら)反復を止めるというのが理論ですが、MLEMの高速バージョンであるOSEMでは、早い収束スピードを手に入れた結果、1点に収束しないという問題を抱えることになりました。よって、OSEMでは、経験的に決めた回数で反復を止める必要があります。

しかも、収束性には物体依存性があるから厄介です。たとえば、ホットスポットは収束性が高いですが、コールドスポットは収束性が遅くなる傾向があります。顕著な例は、空気中にある点線源です。例えば、4mmピッチのシンチレータのPET装置なら、解像度も4mmくらいになると考えるのが自然ですが、仮に1mmサイズのボクセルでOSEM再構成するとほぼ1ボクセルに画素値が集中した画像が得られてしまうでしょう。でも、実際の解像度が1mmでないことは、複雑な分布のファントム画像を見ればすぐ分かります。すなわち、OSEM法では、まだ空間分解能が定義できてないのです。現在のところ、空間分解能

の指標として意味があるものは、FBP再構成により得られた数値のみになります。

MLEM法やOSEM法は、画質の上でFBP法に比べて圧倒的なメリットがある反面、反復数の問題が使いにくい印象をユーザーに与えてしまっている面もあるようです。しかし、これは使いやすさ・使いにくさの感覚的な問題であって、決して、FBP法が正解でOSEM法が正解ではないという訳ではありません。OSEM法よりもより収束性能を高めた最新の逐次近似法DRAMA (dynamic raw-action maximum likelihood algorithm) は、1979年に国産PET第一号を開発した田中栄一先生らが2003年に論文発表したものです。このように、逐次近似法はまだ進化しているのです。

《まとめ》

動物実験においてRIの生体内分布を知るために、例えばマウスの計測でしたら、犠牲死の後、解剖し、目的臓器を取り出してウェルカウンター

で放射能を計測したほうが、確実ではないかと思う人もいるかと思います。しかし、画像再構成がきちんとした理論に基づいた方法であると分かれれば、PET画像をもっと信頼できるようになるのではないのでしょうか？実際には、解剖法では、血液の混入など手技による変動も考慮しないといけません。マウスPET撮像は通常麻酔下で行う必要がありますが、犠牲死の必要はありません。FBP法の理論的な堅牢さや、逐次近似型再構成法の妙技を知ると、より一層、確信をもってPET画像を医療に役立てることが出来ます。

《参考文献》

村山秀雄 編著 核医学物理学 第7章 第9節 国際文献社
 小林哲哉 エミッションCTにおける統計的画像再構成の基礎と展開 Med Imag Tec 31(1) : 21-25, 2013

核医学装置QC用線源

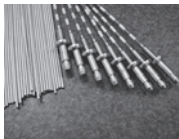
装置のデータ精度に心配ありませんか？

ガンマカメラ検出器
精度管理用線源



⁵⁷Co 370MBq

PET検出器用校正線源



⁶⁸Ge

ドーズキャリブレーション用
チェック線源



⁶⁸Ge 37MBq

お問い合わせ・ご注文は

公益社団法人 **日本アイントープ協会** 〒113-8941
 Japan Radiotope Association 東京都文京区本駒込2-28-45
 医薬品・アイントープ部 放射線源課 TEL: 03-5395-8031 FAX: 03-5395-8054

製品輸入元

株式会社 **千代田テクノル** 〒113-8681
 c-technol 東京都文京区湯島1-7-12 千代田御茶の水ビル
 URL: <http://www.c-technol.co.jp>
 e-mail: ctc-master@c-technol.co.jp



資料請求先 **日本メジフィジクス株式会社**

〒136-0075 東京都江東区新砂3丁目4番10号
 製品に関するお問い合わせ先 ☎ 0120-07-6941

nihon **medi+physics**

処方箋医薬品^(注)
 放射性医薬品・骨疾患診断薬

薬価基準収載

クリアボーン[®]注

放射性医薬品基準ヒドロキシメチレンジホスホン酸
 テクネチウム (^{99m}Tc) 注射液

注) 注意-医師等の処方箋により使用すること

■効能・効果、用法・用量、警告・禁忌を含む使用上の注意等は、添付文書をご参照ください。

®登録商標

弊社ホームページの“医療関係者専用情報”サイトでSPECT検査について紹介しています。

<https://www.nmp.co.jp> 2019年11月作成

学会報告

EANM 2019に参加して

福嶋 善光 FUKUSHIMA Yoshimitsu

2019年10月12日～16日にスペインのバルセロナで開催された第32回欧州核医学会年次集会(The 32nd Annual EANM Congress)に同じ医局の後輩である西川慈人先生とともに参加しました(写真1)(写真2)。ヨーロッパのみならず世界中から参加者が集う世界規模の核医学会であり、今年の参加者数は6904人と過去最高を記録しました。国内の学会ではまだ見る事の出来ない新規のトレーサーや最先端のイメージングデバイスを見ることができ、刺激を受けながら学びを深めることができる貴重な機会です。最近では各企業の新製品初発表はこの学会との噂もあります。国際学会初参加の西川先生も興奮を隠せない様子でした。例年、Registry desk付近ではユーモアのある雰囲気作りがされており、今回はバルーン製のヤシの木がセッティングされたビーチ風の休憩スペースが用意されていました。

昨年から採択演題のジャンルにe-poster presentationが追加されました。より多くの参加者に口演の機会を与えるという学会の方針によるもので、通常のoral presentationと同じように座長が2名おり、壇上でスピーチします。私と西川先生の演題はいずれもこのe-poster presentationに採択され、聴衆の前で口演する機会を得ることが出来ました。私の演題は「Causative factors of prolonged myocardial ischemic damage shown on hybrid cardiac fatty-acid metabolism SPECT/CT in patients with coronary artery

disease after coronary artery bypass grafting」でした。今ではあたりまえのように日常診療で行われる心臓SPECT/CT融合画像検査ですが、血行動態が複雑な冠動脈バイパス術(CABG)後の症例においては冠動脈病変分布と虚血性心筋障害分布の関連性が非常に理解しやすくなります。また心筋虚血による脂肪酸代謝障害は血行再建術後でも回復しにくい状況があり、同領域の残存心筋虚血(特に微小血管障害による)、低左室駆出率、併存虚血性心筋症が脂肪酸代謝障害遷延の要因となることを明らかにしました(写真3)。西川先生の演題は「Diagnostic impact of Ga-SPECT/CT using quantitative analysis for patients with lower-limb osteomyelitis」で、Ga-SPECT/CTおよび病変炎症活性の定量指標(inflammation-to-background ratio: IBR, maximum standardized uptake value: SUVmax)が下肢骨髄炎例において高い診断能、予後層別化能を有するという内容です。初の国際学会口演であるにもかかわらず、会場からの質問に颯爽と答えている様子を見て、将来有望と感じさせられました(写真4)。英語でのプレゼンテーションは多くの日本人研究者が苦手とするところだと思います。日本では英語アウトプットの教育がまだ発展途上であり、なかなかスキルアップしにくい状況かもしれません。私はいつもネイティブの先生に喋ってもらったものを録音し、それを全く同じように再現できるように数十回以上練習してから本番に臨みますが、どうしても質疑



写真1



写真2

日本医科大学放射線医学 〒113-8603 東京都文京区千駄木1-1-5
 TEL : 03-3822-2131 FAX : 03-5685-1795 E-mail : fuku@nms.ac.jp
 Department of Radiology, Nippon Medical School



写真3

応答のところでぼろが出てしまいます。まだまだ英語のスキルが不足していると実感させられます。最近では日本の学会でも英語でのプレゼンテーションが多くなっているため練習の機会が増えており、日本人英語学習者にとってはいい環境になってきているかと思えます。語学力は様々なスキルの総合力によると言われます。スピーキング力を鍛えるにはスピーキングに関連するいくつかのスキルをまんべんなく向上させる必要があるため、スキルアップするには工夫が必要かもしれませんね。

今回の学会で特に印象的だった発表をいくつか紹介します。まず今回の学会の目玉とも言える発表ですが、腫瘍間質内の線維芽細胞活性化タンパク質をターゲットにした fibroblast activation protein inhibitor (FAPI) を用いた “Theranostics” の研究です。演題名は「Theranostics targeting fibroblast activation protein in the tumor stroma: [^{64}Cu] and [^{225}Ac] labeled FAPI-04 in pancreatic cancer xenograft mice」です。イメージングには ^{64}Cu -FAPI-04、内用療法には ^{225}Ac -FAPI-04が用いられていましたが、文献上は ^{68}Ga 製剤もあります。モデルマウスの腫瘍腫瘍に対する選択的な集積と増殖抑制効果が認められたとの報告がされましたが、様々な悪性腫瘍に応用可能な次世代トレーサーとして期待されているようです。他の興味を引く研究発表としては、血小板凝集に関与する GPIIb/IIIa 受容体に高い親和性をもつトレーサーである ^{18}F -GPI を使用した体外装着型人工心臓内における血栓のイメージング、レバー小体病で組織に沈着する α -synuclein に対する抗体のトレーサーである ^{18}F FS3-1のイメージングの報告がありました。

展示会場における機器展示においても、市場に出る前の段階から最新の撮像機器を見ることが出来ます。国際学会ではインタラクティブな予約制のセッションがあり、体験的な説明を受けることが出来るのも特徴です。最近の撮像機器開発の方向性はなんとといっても半導体を用いた PET/CT 装置、SPECT/CT 装置です。いずれの装置も昨年の年次総会から展示されていましたが、いくつかご紹介いたします。半導体 PET/CT 装置は Vereos (Philips 社)、Biograph Vision (Siemens Healthineers



写真4

社)が有力であり、時間および空間分解能に優れているだけでなく、ダイナミック撮影によるパラメトリックPETで定量解析(Ki画像など)も可能なことが強調されていました。我々の施設にもBiograph Visionが導入されておりすでに径数mmのリンパ節転移の描出など高空間分解能撮影を実現できていますが、これからダイナミック撮影、定量解析(特に心臓領域)に取り組んでいきたいと思えます。半導体SPECT装置は日本で普及しているものではD-SPECT (Spectrum Dynamics Medical社)やDiscovery NM530c (GE Healthcare社)がありますが、本学会ではさらに先に行く全身用半導体SPECT/CT装置が注目を集めていました。特にVERITON-CTはリング状に配列された可動式のガンマカメラと128列MDCTを装備した最新鋭の半導体SPECT/CT装置であり、実際の高精細な画像を拝見し、詳細を解説してもらえました。高分解能といっても様々な方向性がありますが、近年は各社ともに高空間分解能を追求する方向に進んでいると感じました。

学会の最終日には毎回主だった内容を振り返るハイライトセッションがあるのですが、今年はそのセッション形式が大きく変更されていました。今まで4つほどの細項目に分けた上でそれぞれの発表を振り返っていた診断領域ですが、今年は「診断」という大きなカテゴリーとして1つにまとめられ、「創薬」や「核医学治療」のボリュームが大幅に増加していました。結果的に「診断」カテゴリーがボリュームダウンしており、欧州における「創薬」や「核医学治療」を重視する流れを感じさせられました。「診断」カテゴリーでは、近年注目されているテクスチャー解析やディープラーニングも取り上げられていました(写真5)。この学会で最も傑出した演題に授与されるEANM Marie Curie Awardを受賞したのは、演題名「Changes in synaptic density in relation to tau deposition in prodromal Alzheimer's disease: a dual protocol PET-MR study」でした。軽度認知障害患者においては内側側頭葉に限局して高度のタウ蛋白沈着と神経線維密度低下が生じており、これらの病理学的変化は密接に関連していることが示されていました。最新のトレーサー、最新のハイブリッド診断機器を用いた高レベルの



写真5



写真6

技術の融合であり、非常に素晴らしい研究と感じさせられました。

学会の開催されたバルセロナは人気の観光地でもありサグラダファミリアを代表とするガウディの建築物やグエル公園などが有名ですが、スペインはフランスに引けを取らない美食の国でもあります。会期中に私の世界中で最もお気に入りのレストランである Disfrutar を訪問することができました。これが2回目の訪問です。店名の Disfrutar は「楽しんで」の意。近年惜しまれつつ閉店した「世界一予約が取れないレストラン」と称された El Bulli において各部門のトップシェフであった3人が始めたお店で、開店してまだ数年であるにもかかわらず The World's 50 Best Restaurants で9位、ミシュランでも2つ星を獲得しています。とは言え、堅苦しさはないレストラン・バルの形態をとっており、落ち着いたあるカジュアルな空間でいわゆる分子ガストロノミーの料理を体験できます。「オリーブの形をした、

口に入れると溶けてオリーブ味のスープとなる料理」「テーブルで完成されるゼラチンのカルボナーラ」「見た目はグリーンピース、口の中ではポタージュスープとなる料理(写真6)」など、サプライズがありながら味は格別という、もはや芸術の域に達した料理のオンパレードです。El Bulli は1年の約半分は料理研究のために休業、同じ客に同じ料理は2度と出さず、多いときにはコースが全40皿ほどにもなったという伝説のレストランです。Disfrutar もその流れを汲み、Lunch においても Dinner と同じ食事25皿+デザート5皿を提供しています。コースを全て食べ終えるのに5時間を要しましたが、驚きと楽しさで少しも飽きることなく、ひと仕事を終えた達成感がありました。

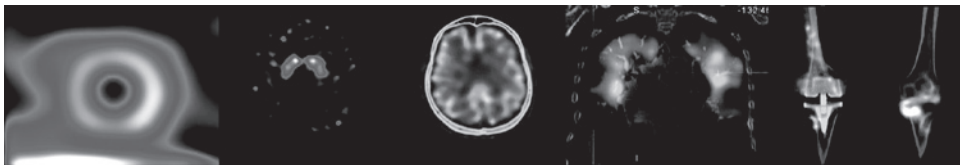
非常に実りの多い学会参加となりました。留守中に当施設でのルーチン業務をこなしてもらった先生方に感謝するとともに、またこのような機会が得られるよう日々の業務や研究に尽力したいと思えます。

編集後記

2月からメディアはほぼ新型コロナ一色である。私も診療所を運営する立場からこのメディア情報から目が離せない。中でもとても残念だったのがダイヤモンドプリンセス号での船内集団感染である。2月5日から船内隔離を行い、下船予定の19日迄の間に634名もの感染が判明し、PCR陰性者も下船後に発症する騒ぎとなっていることから、隔離後に船内で次々に感染したことは明白であろう。この対策は政府・厚労省主導で国立感染症研究所の指導のもと感染対策を続けていたという。しかし下船予定間近の18日に神戸大の岩田氏が船内の様子を感染症専門医の立場で YouTube 上で告発、船内の感染対策のあり方を厳しく批判した。この批判内容は兎も角、対策に失敗した背景に情報公開が行われず密室で当事者だけで対策を進めてしまったことが上げられる。密室ではことがうまくいかなくなると専門家さえも方向を見失うことがある。その良い例が医療事故である。専門家が集まる大学病院で起こる医療事故の現状を私も大学勤務時代に医療安全委員の立場で見てきた。対策として有効なのが第三者による検証である。そして小さい事故のうちに検証して解決策を掴むことで大きな事故を防ぐことが出来る。そのような観点でクルーズ船の問題を考えると、感染者が次々報告されている途中の段階で本当に感染対策がうまく行われているのかを第三者の目で検証する必要がある。途中で岩田氏の意見が入れば恐らくもう少し対策が改善されていたであろう。厚労大臣が対策はうまくいったと自画自賛することに多い違和感を覚える。それでは今後につながらないであろう。まだまだ続く新型コロナ対策。政府には今後、専属の感染対策チームに加え第三者の感染専門医師らの意見を取り入れながら政治的判断を含めて対策を考えて頂きたい。

(編集委員長)

Let your Routine become Purely Digital



D-SPECT Series

CARDIOLOGY DIGITAL SPECT IMAGING



D-SPECT® CARDIO

- ✓ 高分解能 CZT半導体検出器を搭載
- ✓ コンパクトで省スペース、開放感あるオープン設計
- ✓ 座位での検査に対応し、検査時の患者様の負担を減らしモーションアーチファクトの影響を軽減

VERITON Series

360° TOTAL BODY DIGITAL SPECT/CT IMAGING



VERITON-CT® SPECT/CT

- ✓ CZT半導体検出器による360度フルスキャン
- ✓ 3倍の容積感度と2倍のスループット
- ✓ 全身SPECT検査および特定領域へフォーカスした精密な検査に柔軟に対応

Spectrum Dynamics Medical社は創業以来、最新技術を提供し続けており、弊社製品群はSPECTにおいて重要な役割を果たしてゆきます。次世代核医学モダリティ D-SPECT、VERITON、VERITON-CTについての詳細は、弊社にお問い合わせください。

販売名称/医療機器認証番号:

D-SPECT カーディアック スキャナー システム/225ADBZX00049000

フルデジタル半導体全身用ガンマカメラ VERITON./230ADBZX00111000

フルデジタル半導体全身用ガンマカメラ VERITON-CT/301ADBZX00036000

販売元: **Spectrum Dynamics Medical Japan株式会社**

〒101-0047 東京都千代田区内神田1丁目5-13 内神田TKビル6階南

TEL: 03-4572-0231 FAX: 03-4572-0232 infojp@spectrum-dynamics.com

www.spectrum-dynamics.com



放射性医薬品／神経内分泌腫瘍診断薬

処方箋医薬品[※]

薬価基準収載

オクトレオスキャン[®] 静注用セット

Octreoscan[®] Injection

インジウムペンテトレオチド (¹¹¹In) 注射液 調製用

[※]注意－医師等の処方箋により使用すること。

【禁忌(次の患者には投与しないこと)】

本剤の成分に対し過敏症の既往歴のある患者

【効能又は効果】

神経内分泌腫瘍の診断におけるソマトスタチン受容体シンチグラフィ
(効能又は効果に関連する使用上の注意)

神経内分泌腫瘍(NET)であってもソマトスタチン受容体(SSTR)を発現していない場合は検出できないことに留意すること。また、インスリノーマについてはSSTRの発現が他のNETに比べて少ないため、本剤により検出できない場合があることに留意すること。

【用法及び用量】

1. インジウムペンテトレオチド(¹¹¹In)注射液の調製

バイアルAの全量をバイアルBに加えて振り混ぜた後、常温で30分間放置する。

2. ソマトスタチン受容体シンチグラフィ

通常、成人には本品111MBqを静脈内投与し、4時間後及び24時間後にガンマカメラを用いてシンチグラムを得る。必要に応じて、48時間後にもシンチグラムを得る。投与量は、患者の状態により適宜増減する。

必要に応じて、断層像を追加する。

【使用上の注意】

1. 慎重投与(次の患者には慎重に投与すること)

腎機能障害を有する患者(本剤は主に尿中に排泄されるため、被曝線量が増加する可能性がある。)

2. 重要な基本的注意

(1) 診断上の有益性が被曝による不利益を上回ると判断される場合のみ投与することとし、投与量は最小限度にとどめること。

(2) オクトレオチド酢酸塩等のソマトスタチンアナログによる治療が行われている患者においては、本剤の腫瘍への集積が抑制され、診断能に影響を及ぼす可能性が考えられるため、オクトレオチド酢酸塩等の休薬を検討することが望ましい。なお、休薬することにより離脱症状が発現する可能性があるため、休薬の要否及び休薬期間は、患者の状態及び使用製剤を考慮して決めること。休薬する場合は、患者の症状の変化に十分注意すること。

3. 副作用

承認前の臨床試験における安全性評価対象症例(国内第Ⅲ相試験＋国内追加第Ⅲ相試験)63例中、副作用は7例(11.1%)8件に認められ、主な副作用は、潮紅2件(3.2%)、ほてり2件(3.2%)であった。

また、海外で行われた臨床試験における安全性評価対象症例365例中、副作用は1例(0.3%)に潮紅、頭痛、各1件が認められた。

その他の副作用

以下のような副作用があらわれた場合には、症状に応じて適切な処置を行うこと。

		0.1～5%
精神・神経系	頭痛	
血管障害	潮紅、ほてり	
その他	熱感、ALT増加、AST増加	

【承認条件】

医薬品リスク管理計画を策定の上、適切に実施すること。

※その他の使用上の注意等は添付文書をご参照ください。

製造販売元

富士フイルム 富山化学株式会社

資料請求先：〒104-0031 東京都中央区京橋 2-14-1 兼松ビル
ホームページ：http://fftc.fujifilm.co.jp

TEL03(5250)2620

輸入先：Mallinckrodt Medical B.V.(オランダ)

2018年10月作成

Canon

それは未来を見据えた高画質。
PET-CTは、いまデジタルを纏う。

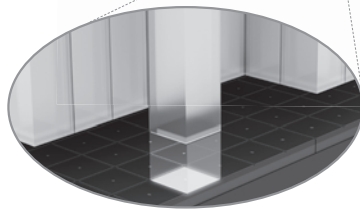
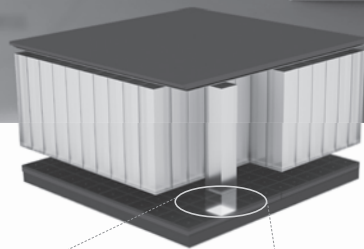


キヤノンメディカルシステムズは、将来にわたって幅広いニーズに応えるため、高画質と高い汎用性を併せ持つPET-CTを開発しました。最新技術を惜しみなく投入することで高画質と低被ばくを実現するとともに、医療従事者の安全や病院経営まで貢献します。最先端の技術をもっと多くの人に、新デジタルPET-CT Cartesion Prime 誕生です。

次世代デジタルPET-CT

Cartesion Prime

【販売名】PET-CT スキャナ Cartesion Prime PCD-1000A 【認証番号】301ACBZX00003000



New Digital PET Detector

キヤノンメディカルシステムズ株式会社 <https://jp.medical.canon>

Made For life

放射線診療研究会会長 橋本 順
〒259-1193 神奈川県伊勢原市下糟屋143 東海大学医学部専門診療学系画像診断学
臨床核医学編集委員長 百瀬 満 (発行者)
〒162-0033 杉並区清水2-5-5 百瀬医院 内科・循環器内科
TEL. 03-5311-3456 FAX. 03-5311-3457 E-mail: momose.mitsuru@twmu.ac.jp
臨床核医学編集委員 井上優介、内山眞幸、波田伸一郎、高橋美和子、橋本 順、丸野廣大、
南本亮吾、百瀬敏光

2020年3月20日発行