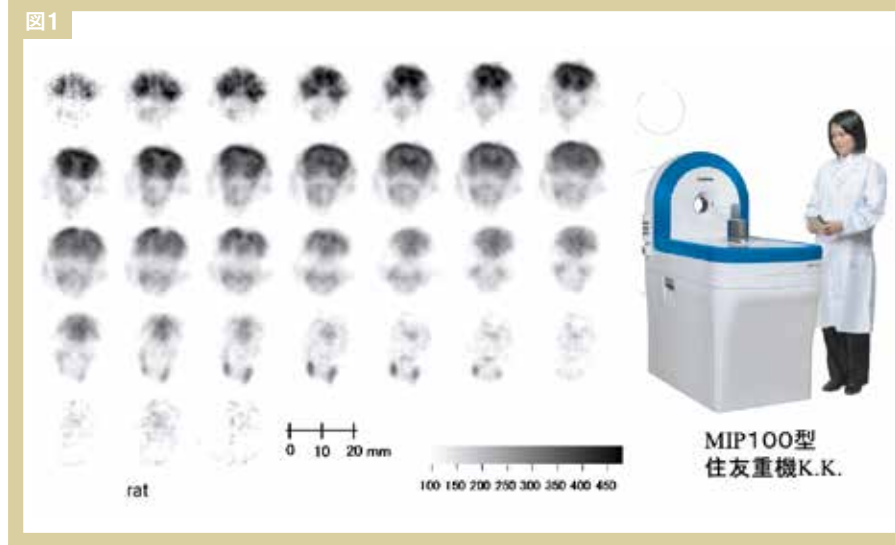


放射線のおはなし

東北大学小動物用
半導体PET(Fine PET)
によるラットの脳の
FDG画像



出典：住友重機械工業株式会社

PETの原理

東北放射線科学センター 理事 石井慶造氏

PETは、がんの透視だけでなく、人体内部の臓器の機能まで診断でき、心臓病、脳疾患などの診療に多く使用されています。このPETとは、Positron Emission Tomographyの頭文字を取ったもので、日本語では陽電子放出断層撮影といえます。現在、日本国内の411施設(2023年8月18日現在、日本核医学会PET核医学分科会調べ)でPETを用いた機能診断が行われています。

このPET装置の開発は、1951年にF.R.WrennなどとW.H.Sweetによって別々に発表され、1953年に米国マサチューセッツ総合病院の物理学者G.L.Brownellと脳外科医W.H.Sweetが装置の詳細を報告しています。ここでは、どのようにしてがんを透視できるのか、PET装置の原理について紹介します。

陽電子の画像でがんが見える

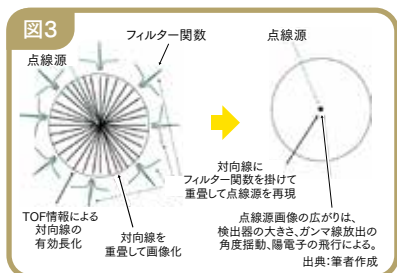
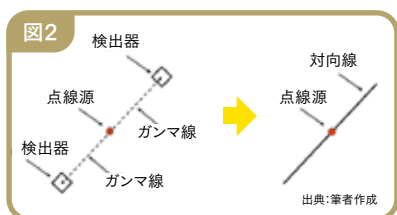
PETでは、陽電子という電子の反物質を放出する放射性同位元素を利用します。この放射性同位元素としては、 ^{11}C (20分)、 ^{15}O (2分)、 ^{13}N (10分)、 ^{18}F (110分)が主に用いられています。()内の数値は放射性同位元素の半減期(放射性同位元素の数が半分に減る時間)です。

これらの放射性同位元素をがんに集積するような化学物質に結合させ人体に投与して、それががんが集まったところで放射線を測定すれば、がんが見えるということになります。

放射性同位元素ががん細胞に摂取され、細胞内で放射性同位元素から陽電子が放出され、近くにある電子と結合・消滅すると同時に2つのガンマ線が正反対の方向に発射されます。こ

の2つのガンマ線を2つの検出器で同時に測定することによって放射性同位元素を摂取したがん細胞の位置を特定することができます。検出器は、主にシンチレーション検出器^{※1}または半導体検出器が使われます。

ガンマ線の測定によってがんの形が見えることを点線源(空間中の1点とみなしてよい放射線源)を用いて説明します。2つのガンマ線を検出した位置を結んだ線(対向線)の上に点線源があります【図2】。したがって、点線源から放出される2つのガンマ線を四方八方から測定し、平面上で対向線を描き重ねると点線源のある場所が濃くなって点線源の画像が再現されます。



これを重畳法といえます。実用画像では、原点を除いては重ね合わせを打ち消す関数(フィルター関数)を掛けて重ね合わせます【図3】。これにより、点線源以外の場所の重ね合わせ画像は消えます。これがPETで画像が得られる原理です。

PET画像の分解能と画質の向上

PET画像の空間分解能を決める因子は、①陽電子が体内を飛行することによるボケ(Fで0.2mm程度)②ガンマ線放出角度のブレ(角度揺動という)によるボケ【図2】の2つの検出器の距離が80cmの場合、0.98mm程度)そして③検出器の大きさです。現在、市販のPETの検出器の大きさは4mm幅程度です。

【図1】は、検出器リング径7cm、検出器幅1.2mmの東北大学小動物用半導体PET(Fine PET:住友重機K.K.よりMIP100型動物用PETとして市販)で撮像したラットの脳のFDG^{※2}・PET画像です。2cm足らずのラットの脳の詳細なFDG代謝画

像が得られていることがわかります。

ここで紹介した技術のほかにも高画質・高分解能を与えるための努力(TOF情報^{※3}の利用、DOI情報^{※4}の利用、シリコン光電子の増倍素子の使用による測定器の軽量・コンパクト化)がなされ、PETの技術は年々向上しています。空間分解能1mmを切るヒト頭部用PETの開発も進んでいますので、そのうち登場すると思います。

※1 シンチレーター(放射線にあたりると蛍光を発する特性を示す物質)によってガンマ線を測定する検出器。

※2 フルオロデオキシグルコースのこと。放射性物質を含んだ放射性薬剤のひとつ。

※3 ガンマ線の飛行時間(Time of Flight/TOF)の情報から対向線上の点線源の位置を求めることにより画質の向上が図られる。

※4 二次元の検出位置に加え、深さ方向(Depth of Interaction/DOI)の検出位置情報により高分解能化が図られる。



東北放射線科学センター 理事 石井慶造氏

東北大学大学院理学研究科博士課程原子核理学専攻博士課程 修了(理学博士)。東北大学工学部教授、東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター長、東北大学大学院工学研究科生活環境早期復旧技術センター長を歴任。2013年東北大学名誉教授、2016年より現職。PIXE研究協会会長。