

素粒子研究の技術を駆使した高性能・高精度次世代PET

— TXePET (液体キセノン検出器) —

特徴：シンチレーション光による高速な同時計数
と電離電子群による3次元高位置分解能検出器

広視野で視差のない高画質、高感度なPET

TXePETは、液体キセノンのタイムプロジェクションチェンバー (TPC) を0.511MeVのガンマ線検出器とする腫瘍の全身スキャン用の陽電子放出断層装置 (PET) です。市販されているPETの検出器はほとんどがBGOなどの結晶で構成されています。

患者さんの体の腫瘍細胞に集められたPET試薬より放出される陽電子が近くの電子とともに対消滅して、2つのガンマ線が生成されます。この2つのガンマ線はそれぞれ正反対方向の一直線上に放出されます。ガンマ線は円筒状に配置された検出器の中で光電効果やコンプトン散乱などの反応を起こし、シンチレーション光の発光などで検出されます。

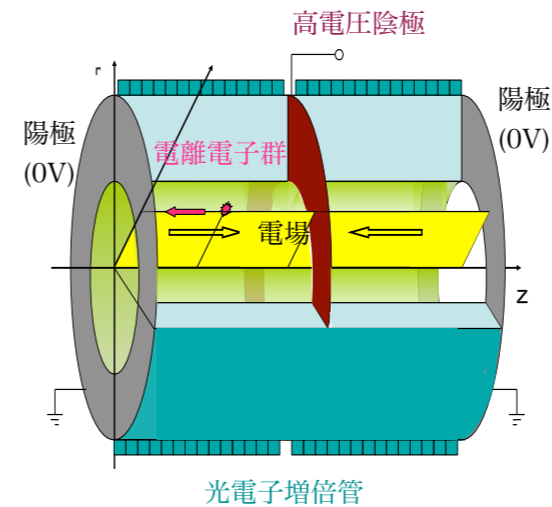
PETは、この2つのガンマ線の作る直線を測定し、ガンマ線の発生点すなわち腫瘍細胞の場所を画像化するものです。これらの分布は体軸方向にスライスされ断層画像となります。より鮮明な画像を得ることが腫瘍の場所を特定する上でひじょうに重要です。そのためにはガンマ線反応位置の高い精度が求められています。

従来のPETでは、結晶検出器の位置分解能は単位結晶の大きさで決まります。典型的な結晶の大きさは、4mm x 4mm x 20mm (深さ) で、ガンマ線反応確率すなわち検出効率を上げるために直線方向に長くなっています。したがって、深さ方向 (ガンマ線の進行方向) の位置 (DOI, Depth Of Interaction) の精度が垂直方向のものに比べて数倍ほど大きくなっています。これは視差を生じ画像の鮮明さの限界となっています。

より鮮明な画像を実現する次世代のPETの第一の課題はこの深さ方向の検出位置精度の向上です。TXePETは液体キセノンのTPCにより3次元的に精度のよい位置測定を実現でき、したがって、視差のない鮮明な画像が得られます。

TXeTPCは電離電子のドリフトが体軸方向のTPC、多数の光電子増倍管、そして、不感時間のない読み出しエレクトロニクスから構成されています。反応の同定は光電子増倍管の同時計数シグナルによるTPCデータ上のタイムスタンプによって行われます。

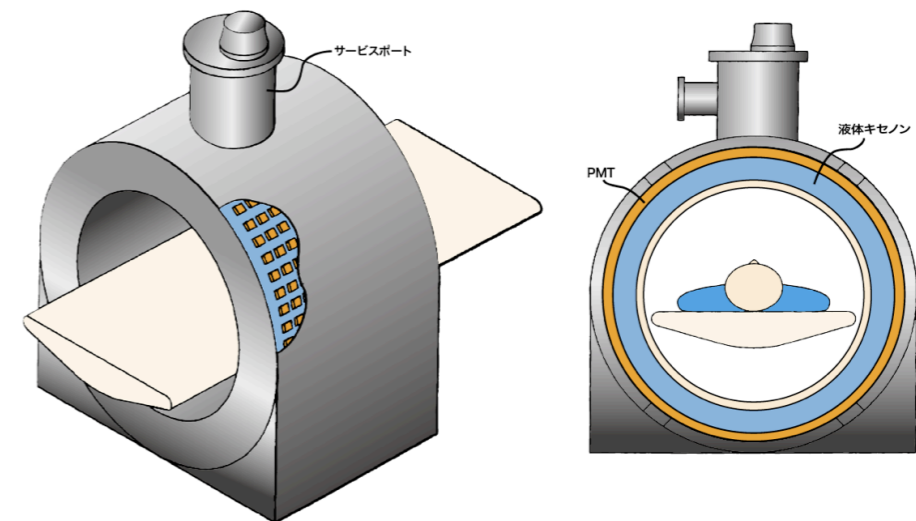
タイムプロジェクション チェンバー (TPC) とは?



円筒状容器の中央に円盤状の高電圧陰極を設け、円筒両端面はゼロ電位の陽極とし、軸方向に一樣な電場が形成されています。陽極は細分化されたパッド構造をなしており、到達電子の2次元位置が測定されます。容器には-100°Cの液体キセノンが満たされ、ガンマ線が入射すると、その反応場所でシンチレーション光の発光とともに電離電子群が形成されます。電子群は電場に沿って陽極に到達し電荷として測定されます。パッド上の電荷分布より陽極端面でガンマ線反応位置 (2次元、 $r\phi$) が決定されます。容器軸方向 (z) の位置は、電子群が陽極に到達するまでに要した時間により決定されます。位置精度は3次元とも1mm以下です。シンチレーション光は円筒側面に配置された光電子増倍管で測定されます。これによりガンマ線の反応時刻が決定されます。

液体キセノンの特徴:

温度 = -100°C、純度 = ppbレベル、密度 = 3.06g/cc、輻射長 = 2.8cm
TXePETでの深さ: 9cm (ガンマ線の検出効率 93%)
シンチレーション光: 175nm、22,000光子数/511keV (NaI相当)
短い発光時間 2ns, 30ns



TXePET (全身用) イメージ図

高エネルギー加速器研究機構 (KEKDTP プロジェクト研究)、放射線医学総合研究所、
佐賀大学、東京大学、横浜国立大学の共同研究

代表者: 田内利明、所属: 高エネルギー加速器研究機構、素粒子原子核研究所
問合せ先: 〒305-0810 茨城県つくば市大穂 1-1、高エネルギー加速器研究機構
TEL: 029-864-5374, FAX: 029-864-2580、電子メール: toshiaki.tauchi@kek.jp
ホームページ: http://rd.kek.jp/lab_02_4.html