

「Evaluation and Optimization of the High Resolution Research Tomograph」より

Chap. 8 (Sec.1-6) The HRRT

担当: 小林哲哉 (千葉大・菅研究室)
2005年6月3日

HRRTの開発目的

HRRT (CPS Innovations, Knoxville TN/USA) は2.5mmと同等か、それ以上の空間分解能の実現を目指し設計・開発された。

History of PET
(https://www.cpspet.com/our_tech/tech_history_ocat.shtml)



HRRTの特徴

- シンチレータ : LSO (Lu₂SiO₂(Ce))
 - 相対発光量が大きい(BGOの5倍、GSOの3倍)
 - 高感度・高計数率
 - 高エネルギー分解能
 - エネルギー対カウント数のグラフで511 keVに対応するチャンネルでのピークが鋭くなる
 - コンプトン散乱によるノイズの低減

HRRTの特徴

- 蛍光減衰時間が短い
(LSO:40ns , BGO:300ns , GSO:60ns)
- 高時間分解能の実現
 - Time windowを短く設定できる
- より短時間で多くの 線を計測することができる
- 患者さんの負担減

HRRTの特徴(続き)

- 結晶サイズ : 2.1mm × 2.1mm × 7.5mm
高解像度の実現
- 2層構造検出器(ホスウィッチ型)によるDOI情報の取得
各層で蛍光減衰時間の異なるLSO結晶を用いる
FOV全体でより均一な解像度の実現
- 四分円共有型の検出器配置 (Figure8.3参照)
PET装置のコスト削減

HRRTの特徴(続き)

- 8角形型の検出器構造
- FOV
断面方向: 直径312mm、体軸方向: 252mm
検査対象は脳
- セプタのない3Dモードでのデータ収集
- ガントリーのチルト機能
ガントリーを±15°まで傾けることが可能
脳底部の撮影に有効

8.1 HRRT検出器の構成

8.1.1 検出器ブロック

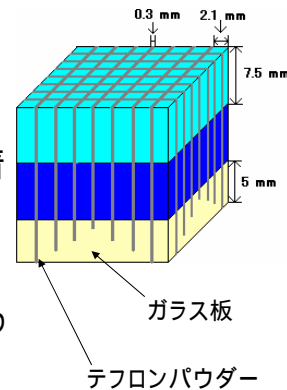
・1つの検出器ブロックの大きさ: 19mm × 19mm × 15mm

・2層で構成されている

[LSO_{slow} - LSO_{fast}] D 7ns

[LSO_{medium} - GSO] D 20ns

・シンチレータは5mm厚のガラス板に接着され、その後に8×8にカットされる。カットは図のようにブロック全体に及ぶ。ガラス板はそれがライトガイドとなるようにカットの深さが異なっている。



8.1.2 光電子増倍管

XP1911 Philips (現Photonis)社製(図中)

・直径: 19mm(カソードの直径: 15mm, 有効部62.3%)

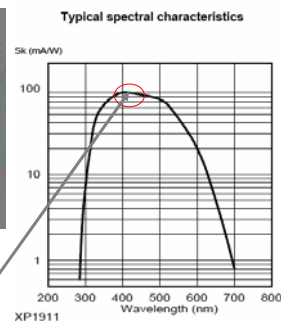
・ダイノードステージ数: 10

・感度: 290 ~ 650nm(最大感度 420nm)



Tube Interface Board ブリーダー抵抗器

LSOの最大発光波長にほぼ等しい



分光感度特性

8.1.3 四分円共有構造

長所: 検出器の低コスト化(PMTの数による)

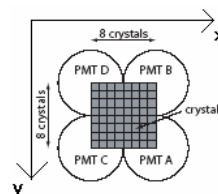
短所: 不感時間(dead time)にかかりやすくなる

PMTの出力から相互作用を起こしたシンチレータを特定する方法

アンガーロジック

$$x = \frac{a+b}{a+b+c+d}, y = \frac{a+c}{a+b+c+d}$$

a, b, c, dは各PMTの信号値



8.2 検出器の配置

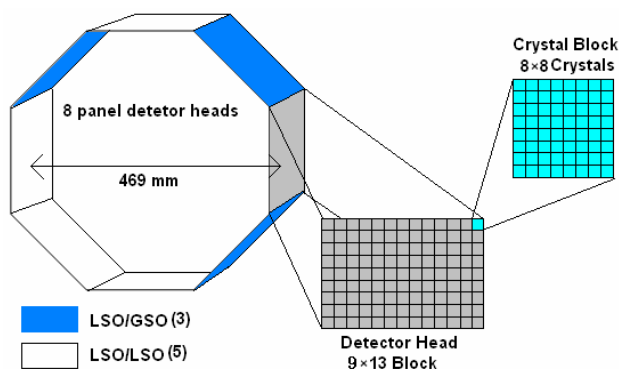
・8角形方の検出器配置

・1つの検出器パネルは

シンチレータブロック: 127個 (9 × 13)

PMT: 140個 (10 × 14)

から構成されている。



8.3 シンチレータの感度

511keVの線に対するシンチレータの感度、
1つの検出器ブロック(2層)の感度Eとする

$$E = \varepsilon_1 + (1 - \varepsilon_1)\varepsilon_2$$

*ただし ε_1 は上層、 ε_2 は下層の感度

対消滅線が同時計数される確率は E^2 の2乗に比例する。

	Front Layer (only)	Back Layer (only)	In Combination With		
			LSO _{7.5 mm}	GSO _{7.5 mm}	LYSO _{10 mm}
LSO _{7.5 mm}	0.352	0.228	0.58	0.53	-
GSO _{7.5 mm}	-	0.178	-	-	-
LSO _{10 mm}	0.423	-	-	-	0.587
LYSO _{10 mm}	-	0.164	-	-	-

注: Back Layer(以下BL)の値はFront Layer(以下FL)を透過し、かつBLで消滅した線のFLの入射量に対する割合。BL自身の感度 ε_2 ではない。

8.3 検出器の感度(続き)

あるリング内で対消滅線が同時計数される確率は

$$C_t = k \frac{E^2 P^2 S^2}{D}$$

E: 各検出器の検出効率

P: 検出器開口率(円周において結晶が占める割合)

S: スライスの厚さ

D: リングの直径

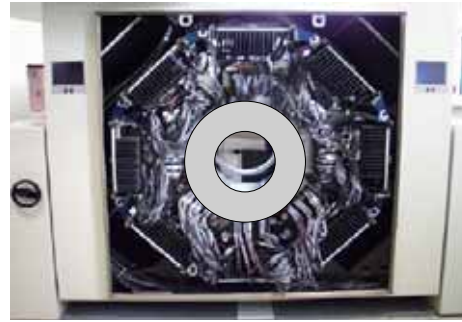
k: 比例定数

8.4 視野外放射能の遮蔽

視野外から入ってくる放射線(おもに心臓や膀胱から)はノイズとなって画像に影響する
鉛のリング板で遮蔽する



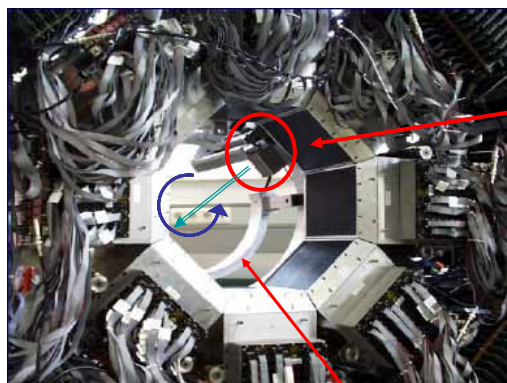
HRRTの概観



HRRTの内部

8.5 トランスミッション線源

個々の検出器の感度補正、患者の吸収補正データを取得するためにトランスミッションスキャンを行う
HRRTは単一光子トランスミッション測定



トランスミッション線源
740MBq ^{137}Cs 点線源
662KeVのコリメートされた
線を放射する

アーム

8.6 ガントリー

関心部位をFOV内に収めるためにガントリーを
 $\pm 15^\circ$ 傾けることができる。

特に脳底に位置する線条体や大脳基底核などを対象とする場合に有効。(斜めの断面を撮影できる)

