

# Chapter4

## Principles of PET

### Measuring Principles

PETの原理～測定原理～

千葉大学工学部羽石研究室学部生4年  
山崎智浩

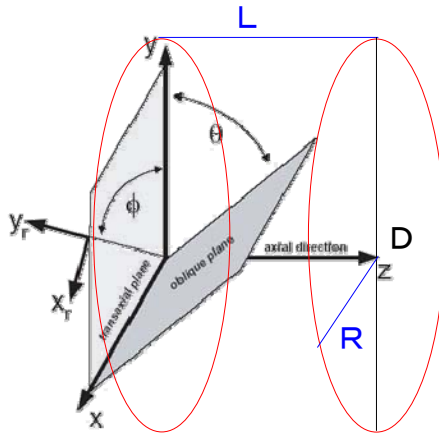
1

## 概要

- 4.1・PET装置の座標系
- 4.2・同時計数検出器
  - 1.LOR(線応答)2.同時計数の種類
- 4.3・データの構成
  - 1.リストモード2.投影とサイノグラム

2

## 4.1 座標系

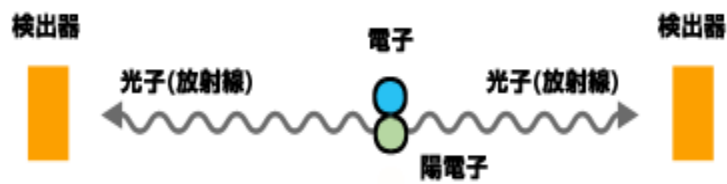


- R: リング半径
- D: リング直径 (径視野とは異なる)
- L: 体軸方向における長さ
- Transaxial plane: 体軸方向 (Z) に対して垂直な面 (X, Y 平面)
- Oblique plane: Transaxial plane を X 軸を中心として Z 方向に  $\theta$  ずらした面
- $x_r$ : 接線方向
- $y_r$ : 半径方向

Figure 4.1: Coordinate system for a PET scanner (see text).

3

## 4.2 同時計数検出器



陽電子は電子との消滅により放射線を発生  
↓ 180度方向に1対の放射線 (511keV)

同時計数検出器で検出

- $t - \tau \sim t + \tau$  の  $2\tau$  のタイムウィンドウ ( $\tau$ : 検出器の応答の長さ, 数ns)
- エネルギーウィンドウを 350~650keV に設定

4

## 4.2.1 LOR (線応答)

$$\sum_{LOR} (\text{coinc.events}) \propto \int_{LOR} f(\mathbf{r}) d\mathbf{r}$$

↓ **ポアソン分布による**

$$E \left( \sum_{LOR} (\text{coinc.events}) \right) = c \int_{LOR} f(\mathbf{r}) d\mathbf{r}$$

$f(r)$ : 放射能分布関数

- 偶発同時計数、散乱同時計数、吸収補正などを無視した場合
- 偶発同時計数、散乱同時計数、吸収補正などの処理が適切な場合

5

## 4.2.2 イベントの種類

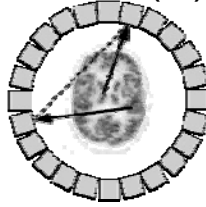
### Single event (Si) シングルイベント

・1つの検出器が放射線を検出すること。シングルイベントとシングルイベントの組み合わせで同時計数を調べる。シングル係数率には以下のようなケース(A, B)のものもある。



6

## Random event (R) 偶発同時計数



・同じタイムウィンドウ内で異なる壊変により生じた放射線のシングル計数を2つ検出する

・  $R_{LOR} = 2\tau s_1 s_2$  ( $s_1, s_2$  は検出器1,2のシングル計数率)

・  $2\tau s_1$  は検出器1が1秒間に同時計数を取れる時間幅の割合

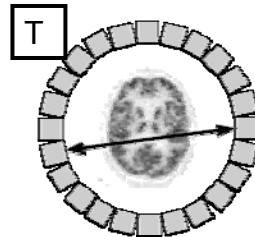
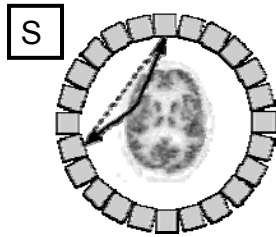


・  $2\tau s_1 s_2$  は検出器1と検出器2が1秒間に偶発的に同時係数を取る回数

・ 遅延同時計数を偶発同時計数とみなし補正データとする

・ 検出器の時間窓の基準をtより遅らせる

7



## Scatter event (Sc) 散乱同時計数

- ・ 体内で 線がコンプトン散乱することで生じる
- ・ エネルギーウィンドウ内ならば減衰しても検出する

## True event (T)

- ・ 真の同時計数

## Multiple Event (M)

- ・ 3つ以上の 線が同じタイムウィンドウ内で検出されること
- ・ この場合同時計数とみなさない

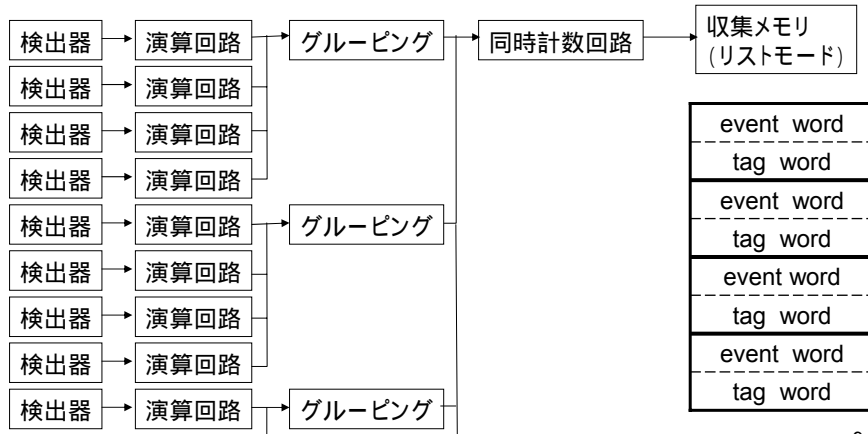
## Prompt Event (P)

- ・ Si, M を抜かしたすべての同時計数
- ・  $P = T + Sc + R$

8

## 4.3.1 リストモード

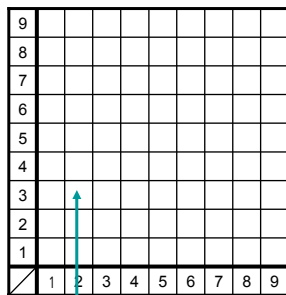
- 同時計数を測定したら次の段階でデータを蓄積していく
  - event word: 一対の検出器番号、エネルギーウィンドウ、時間
  - tag word: 外部情報 (被検台、患者の動き、心拍)



9

## ヒストグラムモード

- 収集メモリの部分には先に説明したリストモードの他にヒストグラムモードがある。ヒストグラムモードの概念は以下のようなものである。



データ(2,3)

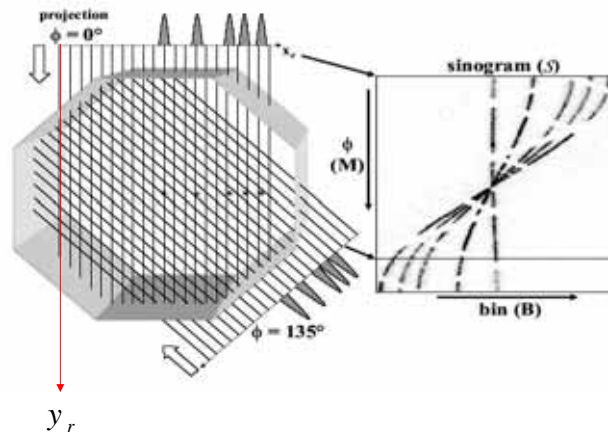
収集メモリ部分に各検出器対の箱を用意しておき同時計数を検出したらデータを格納していく



ある検出器対で放射線が検出されなかったときに、用意しておいた箱の分だけ容量が無駄になる。

10

### 4.3.2 射影とサイノグラム



$$p(x_r, \phi) = \int_{-\infty}^{\infty} dy_r f(x, y)$$

11

### 4.3.3 2D・3Dモード

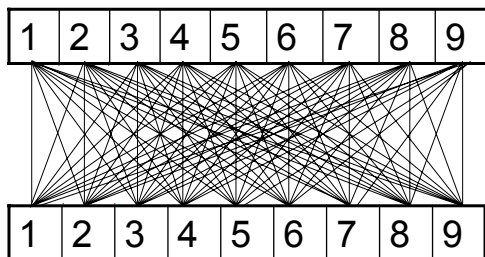
2Dモード・セプタを用いて入射角 = 0° 付近になるように制限

↓ セプタを外す

3Dモード・入射角 > 0° の 線も検出

感度が向上し短時間で少ない被ばく  
ノイズの低減

データ量が増大:  $N^2$ のサイノグラム (N: 結晶リング数)



データ量を減らす

12

## データ量の減らし方(1)

~ 2個以上の側面のサイングラムをグループ化する( のグループ化) ~

**マッシング** サイングラムの角度の数が減らせる。

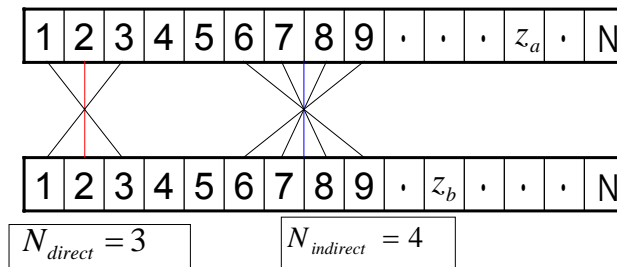
~ 2個以上のリングの組み合わせをグループ化する( のグループ化) ~

### スパン

ダイレクトプレーン(  $N_{direct}$  ): 同じ結晶番号内のプレーン

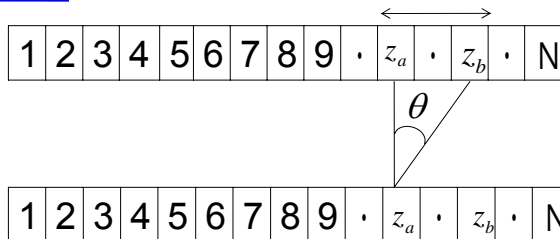
インダイレクトプレーン(  $N_{indirect}$  ): 隣接した結晶間のプレーン

スパン:  $span = N_{direct} + N_{indirect}$



13

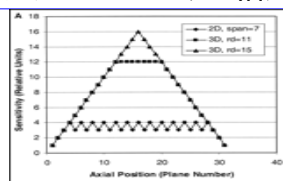
## リング差 データ量の減らし方(2)



リング差:  $= |z_a - z_b|$

**最大リング差(mrd): の最大値。しかし検出器の端から端ではない。  $\Delta_{max} \leq N$**

プレーンにおける相対感度の差を減らすため



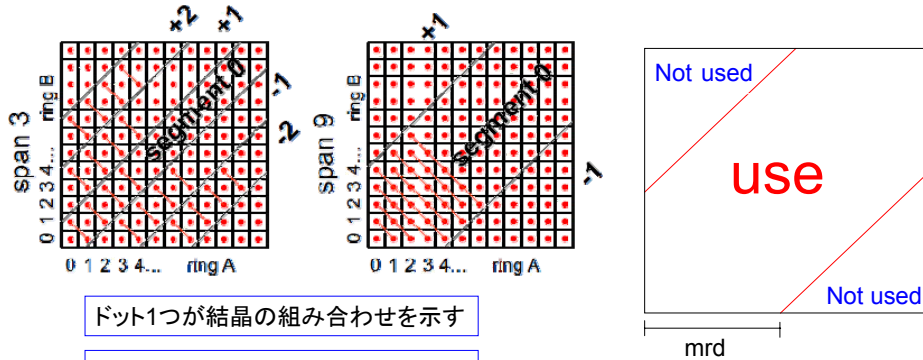
<http://tech.snmjournals.org/cgi/content/full/30/2/39>

14

## データ量の減らし方(3)

### ミッセルグラム

スパンにおいてどの検出器対をグループ化するかを $N \times N$ の表を使い形式化した。ミッセルグラムを使い組み合わせを取る方法が一番効率が良い。



ドット1つが結晶の組み合わせを示す

セグメント番号が大きくなるほど傾いたスライスになる( $\theta$ が大きくなる)