

核医学検査技術学実習

実習5

PET/CT、 OSEM

PETCTについて学ぶ。

PET製剤について学ぶ。

MLEM、OSEMについて学ぶ。

PETCT viewer

PETCTviewer.exeを起動し、open folderから同フォルダ内の1～3いずれかのフォルダを選択する。

しばらくすると、CT・PET・fusion像が描画される。

スライダーで断面可変。

左にあるカラーバーをドラッグすると明るさが調節できる。

image rotation startをクリックすると右下の画像が回る。

image rotation stopでとまる。

左下には検査情報。

Dosage : DoseStart時に計測した全投与量

DoseStart : 薬剤投与時間

ScanStart : 撮像開始時間

CT・PET・fusion画像のいずれかをクリックすると、
その部位の集積が表示される。
クリックした点は黄色十字で示される。

クリックした部位のカウント →

3854
3023
2267
1511
756
0

28628
22454
16840
11227
5613

クリックした部位

以上の操作をして課題をこなしてください。

SUV (Standardized Uptake Value)

$$\text{SUV} = \frac{\text{病変の放射能濃度 (Bq/ml)}}{\text{体内平均放射能濃度 (Bq/ml)}} \\ \left(\frac{\text{投与量 (Bq)}}{\text{体重 (g)}} \right)$$

病変の放射能濃度が

体内平均の何倍かを示す半定量値。

分子と分母の放射能は時刻を合わせる
(半減期補正をする)必要がある。

人体の比重を 1g/ml と仮定し、
放射性薬剤が**全身に均一に分布**する
と仮定した濃度を基準にしている。

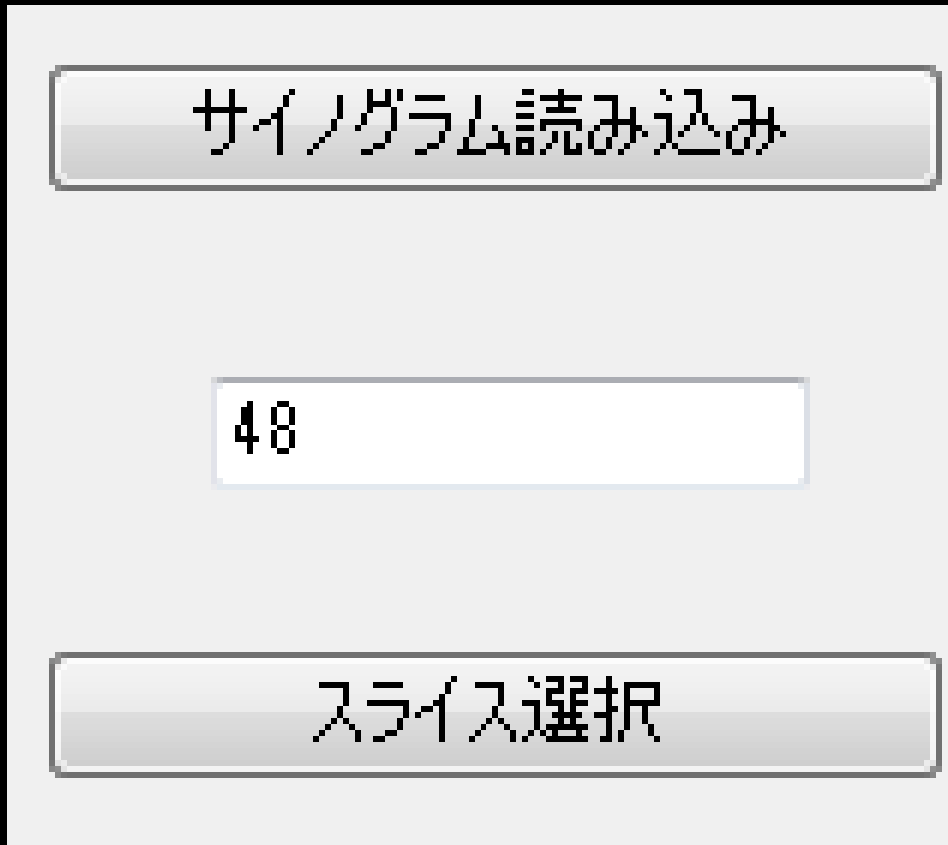
病変部位の濃度は、関心領域内の
最大画素値を用いることが多い。

OSEM

(Ordered Subsets Expectation Maximization)

- OSEMフォルダ内の「OSEM.exe」を起動する。
- 「Contribution Ratio」ボタンを押すと、逐次近似法における確率分布の計算を行う。(やや時間がかかる場合がある)
- 「Contribution Ratio」による処理を行い画像が表示された後、「Read Sino」ボタンを押し「脳PET画像」ファイルを選択する。

- 「サイングラム読み込み」の下のテキストボックスにスライス番号を記載(48程度が良い)して、「スライス選択」ボタンを押す。



サイングラム読み込み

48

スライス選択

- 「OSEM」ボタンを押すと再構成画像が出力される。
ボタンを押す毎に逐次近似再構成画像が出力される。

Form1

寄与率

サイングラム読み込み

48

スライス選択

OSEM

Disp_M k = 0
total = 16384
Iteration = 0
subset = 0
subset = 1
Disp_M k = 1
total = 25656.87
Iteration = 1

SPECT (Single Photon Emission CT)

PET (Positron Emission CT) の原理

断層画像を得る方法

フィルタ重畳逆投影法

FBP (Filtered Back Projection)

逐次近似再構成法 Iterative Reconstruction

MLEM (Maximun Likelihood Expectation Maximization)

OSEM (Ordered Subsets Expectation Maximization)

逐次近似法

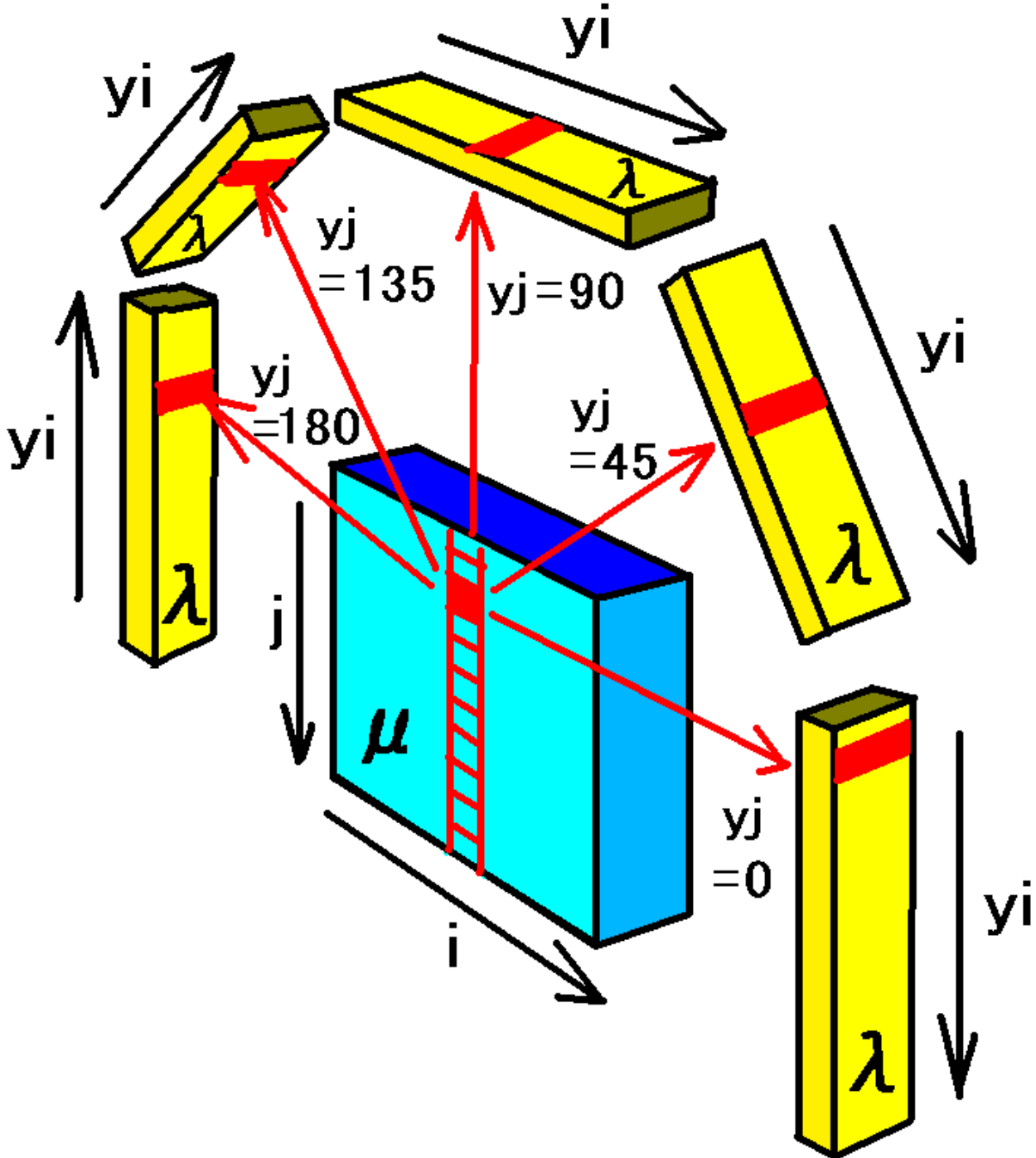
サイノグラム

$$\lambda[y_i][y_j]$$

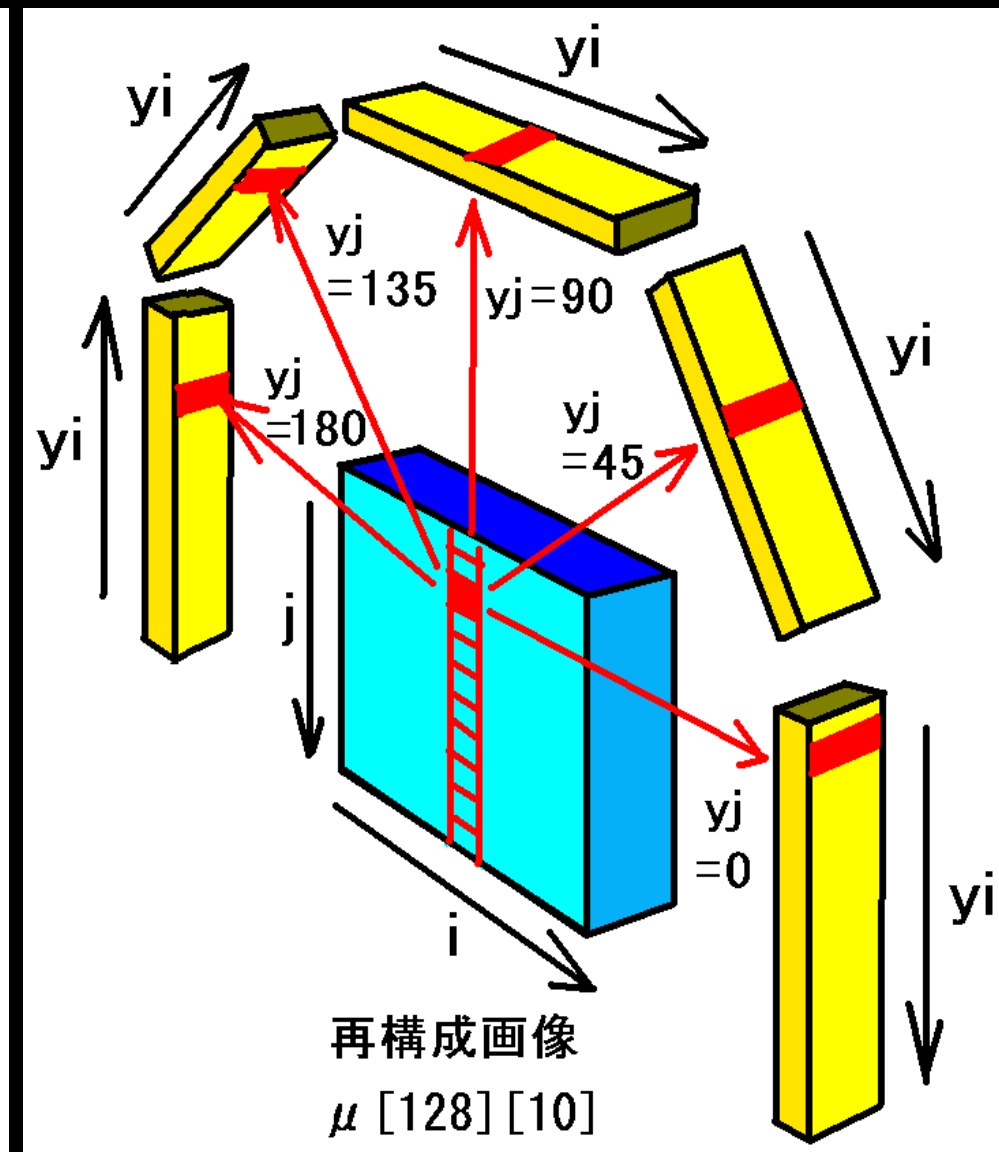
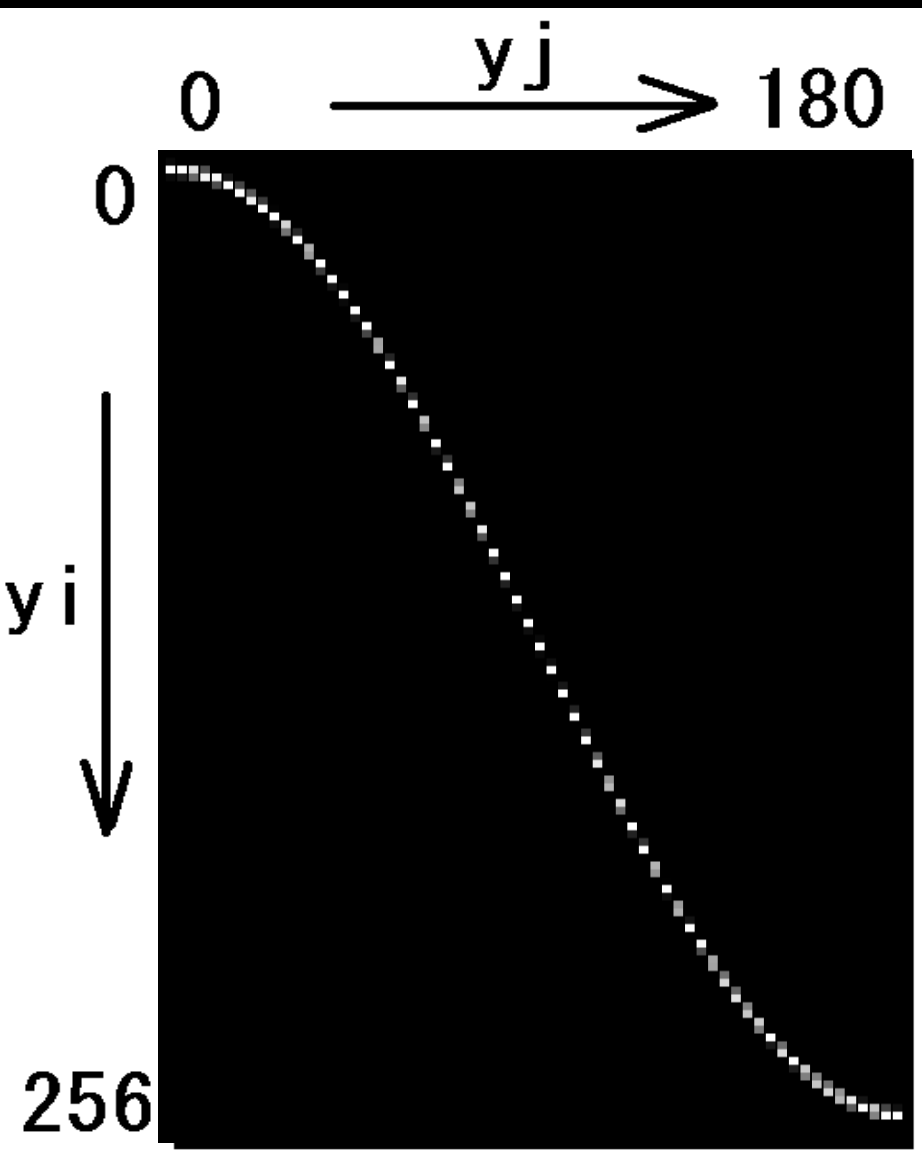
再構成画像

$$\mu[i][j]$$

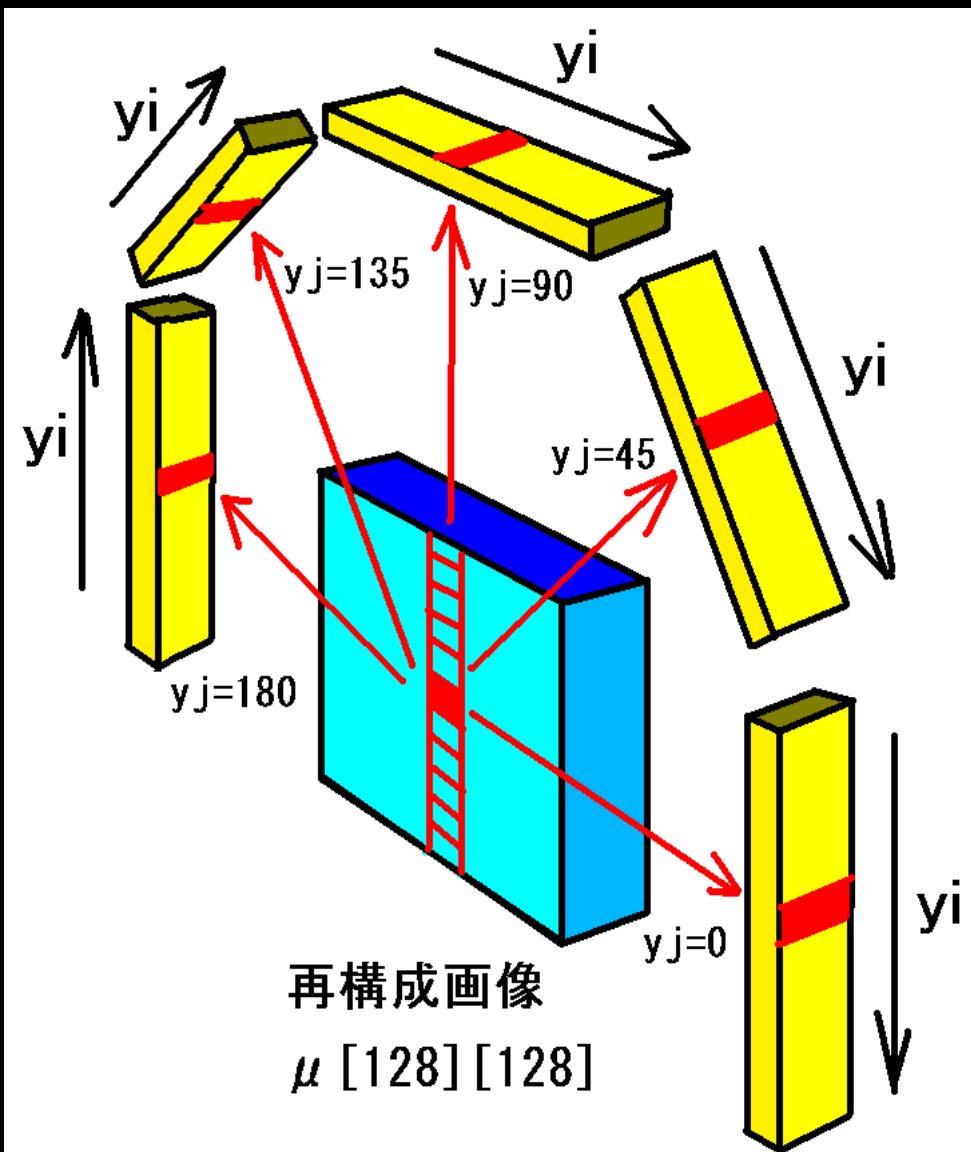
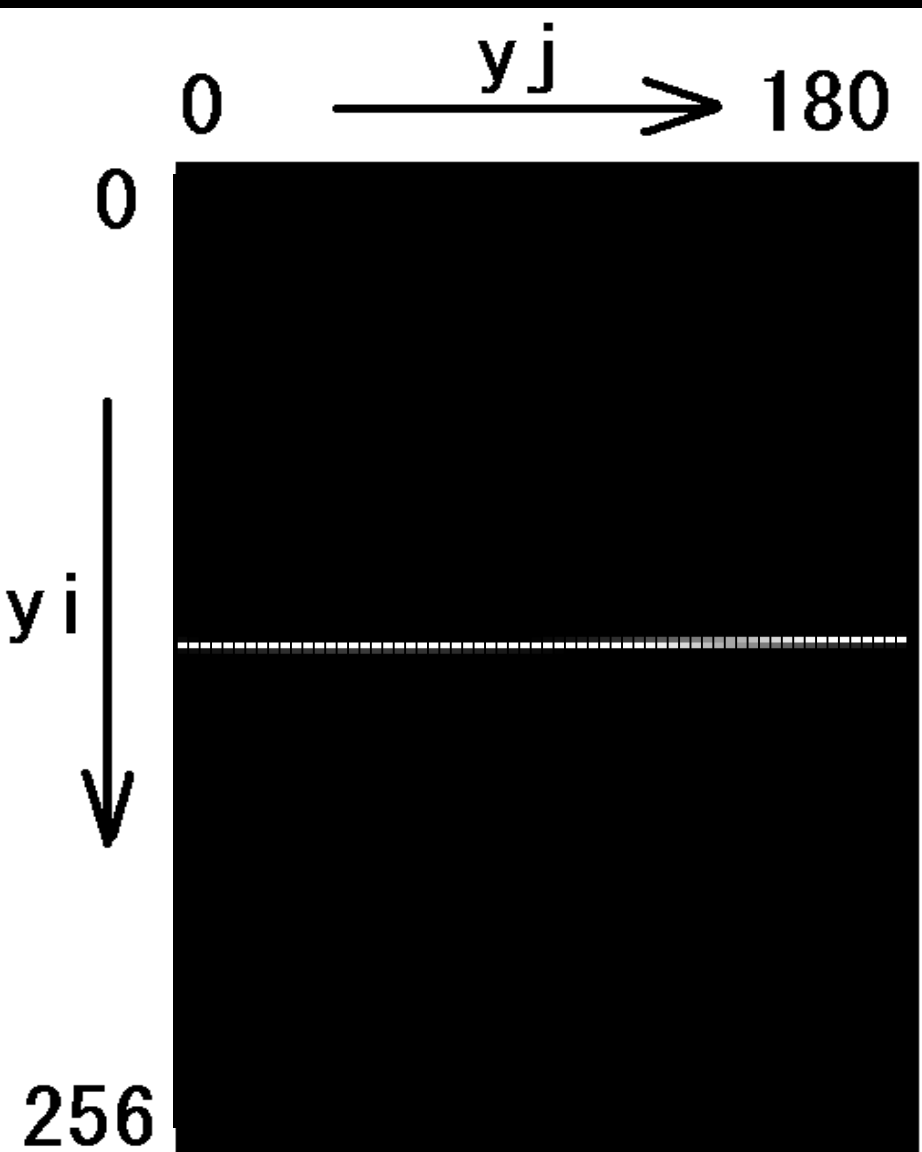
4次元の変数による繰り返し計算



再構成画像 μ の、画素 [128] [10] に対する サイングラム $\lambda[y_i][y_j]$ への寄与率(検出確率)



再構成画像 μ の、画素 [128] [128] に対する サイングラム $\lambda[y_i][y_j]$ への寄与率(検出確率)



再構成画像 μ の、画素 $[i][j]$ に対する
サイノグラム $\lambda[y_i][y_j]$ への寄与率(検出確率)は、
4次元配列 $C[i][j][y_i][y_j]$ となる。

$\lambda = \sum C \mu$ サイノグラム = \sum (検出確率 \times 再構成画像)

正確に記述すると

$$\lambda[y_i][y_j] = \sum_i \sum_j C[i][j][y_i][y_j] \mu^k[i][j]$$

$\mu^k[i][j]$ は、 k 番目の繰り返し計算後の画像

測定したサイノグラム λ と再構成画像 μ (初期値は全画素値1) について $\lambda / (\sum C \mu)$ を求める。

$$\lambda / (\sum C \mu)$$

= 真のサイノグラム / 画像 μ から推定されるサイノグラム

推定画像 μ の画素値が、真の値より大きすぎると
 $\lambda / (\sum C \mu)$ は 1 未満 になる。

推定画像 μ の画素値が、真の値より小さすぎると
 $\lambda / (\sum C \mu)$ は 1 以上 になる。

$$\sum C (\lambda / (\sum C \mu)) / \sum C$$

撮像した全方向について $\lambda / (\sum C \mu)$ の平均
(検出確率 C をかけた加重平均)を求める。

正確に記述すると

$$\sum_{y_i, y_j} \sum C[i][j][y_i][y_j] (\lambda[y_i][y_j] / (\sum_{i, j} \sum C[i][j][y_i][y_j] \mu^k[i][j]))$$

$$/ \sum_{y_i, y_j} \sum C[i][j][y_i][y_j]$$

この式の値は配列(要素数は $i \times j$)

k 番目の再構成画像 μ^k の 各画素ごとに

$$\Sigma C (\lambda / (\Sigma C \mu)) / \Sigma C$$

の値をかけて、次の推定画像 μ^{k+1} の画素値を算出。

$$\mu^{k+1} / \mu^k = \Sigma C (\lambda / (\Sigma C \mu)) / \Sigma C$$

逐次近似再構成法 MLEM、OSEM の式

正確に記述すると

$$\mu^{k+1} [i][j] / \mu^k [i][j] =$$

$$\frac{y_i y_j}{\Sigma \Sigma C [i][j] [y_i][y_j]} (\lambda [y_i][y_j] / (\Sigma \Sigma C [i][j] [y_i][y_j] \mu^k [i][j]))$$

$$/ \Sigma \Sigma C [i][j] [y_i][y_j]$$

OSEM は、 y_j (サイングラムの角度成分) の計算ループを間引いて $C (\lambda / (\Sigma C \mu)) / \Sigma C$

の値を求めて、次の推定画像 μ の画素値を算出。

例えば、 y_j が 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 の 9 方向で、subsets を 3 に設定すれば、

まず、 $y_j = 0, 3, 6$ の値で μ^k を計算する。

次に、 $y_j = 1, 4, 7$ の値で μ^k を基に μ^{k+1} を計算する。

更に、 $y_j = 2, 5, 8$ の値で μ^{k+1} を基に μ^{k+2} を計算する。

計算量は MLEM の 1 回繰り返しと同量だが、

MLEM を 3 回繰り返した場合と同等の画像を得られる。

OSEM プログラム 単純な加減乗除ばかりだが、forループ が何重も連続する。膨大な計算量。

```
for(k=0;k<20;k++){
```

```
  for(sub=0; sub<8; sub++){ s1 = sub - 2*(int)((double)sub/2.0); s2 = 1-s1;
```

```
    for(j=0;j<192;j++){ for(i=0;i<192;i++){ S_YC_CM[i][j] = SC[i][j] = 0.0; }}
```

```
      for(j=0;j<192;j++){ printf("¥n j= %d ", j); for(i=0;i<192;i++){
```

```
        for(yj=sub; yj<32; yj+=8){ for(yi=CZL[j][i][yj][0]; yi<=CZL[j][i][yj][1];yi++){
```

```
          CM=0.0; for(jj=0;jj<192;jj++){ for(ii=CZM[yj][yi][jj][0];ii<=CZM[yj][yi][jj][1];ii++){
```

```
            CM += C[ii][jj][yi][yj] * M[ii][jj][k][s1]; }}
```

```
          S_YC_CM[i][j] += Yi[yi][yj] * C[i][j][yi][yj] / CM;   SC[i][j] += C[i][j][yi][yj];
```

```
        } // yi, yj
```

```
      } // i, j
```

```
    for(j=0;j<192;j++){ for(i=0;i<192;i++){
      if(SC[i][j]>0.) M[i][j][k][s2] = M[i][j][k][s1] * S_YC_CM[i][j] / SC[i][j]; } // j, i
```

```
  } // sub
```

```
  for(j=0;j<192;j++){ for(i=0;i<192;i++){ M[i][j][k+1][s2] = M[i][j][k][s2]; } // j, i
```

```
  Disp_M(k,s2); printf("¥n¥nNext iteration ? ");scanf("%c",&yn); if(yn=='n')break;
```

```
} // k
```

OSEM 計算結果

Subsets 2 繰り返し計算回数 k

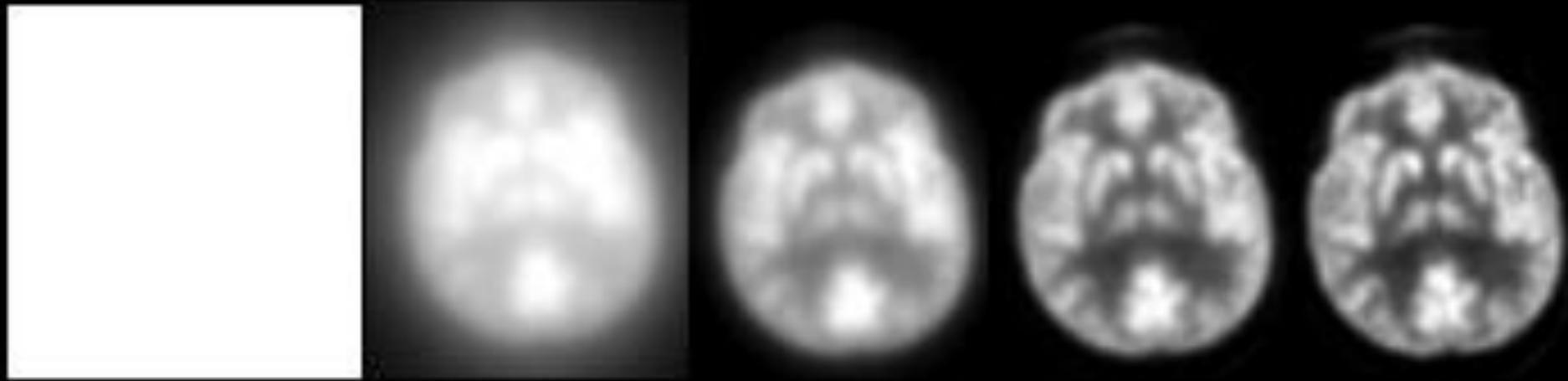
$k = 0$

$k = 2$

$k = 4$

$k = 10$

$k = 20$



サイノグラム（横から測定した全方向からのデータ）
から、確率の高い断面像を 逐次推定していく。