

# 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



The screenshot displays a software interface for medical imaging. On the left, a control panel includes an 'open folder' button, a slider, and an 'image rotation start' button. Below these are technical parameters: Dosage(Bq) = 406799987.79297, HalfLife(sec) = 6586.2, Weight(kg) = 73, DoseStart = 2009/10/27 17:50:00, ScanStart = 2009/10/27 18:50:00, and Count(Bq/ml) = 10016.62. The main area shows four PET/CT fusion images of a human torso. The top-left image is a grayscale CT scan with a yellow crosshair on the abdomen. The top-right image is a PET scan with a color scale from 0 to 3854 Bq/ml, also with a yellow crosshair on the abdomen. The bottom-left image is a PET scan with a color scale from 5613 to 28628 Bq/ml, with a yellow crosshair on the abdomen. The bottom-right image is a grayscale CT scan. A blue arrow points from the text 'クリックした部位' to the yellow crosshair in the top-right image.

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  $1\text{ g/ml}$  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。

**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 )**

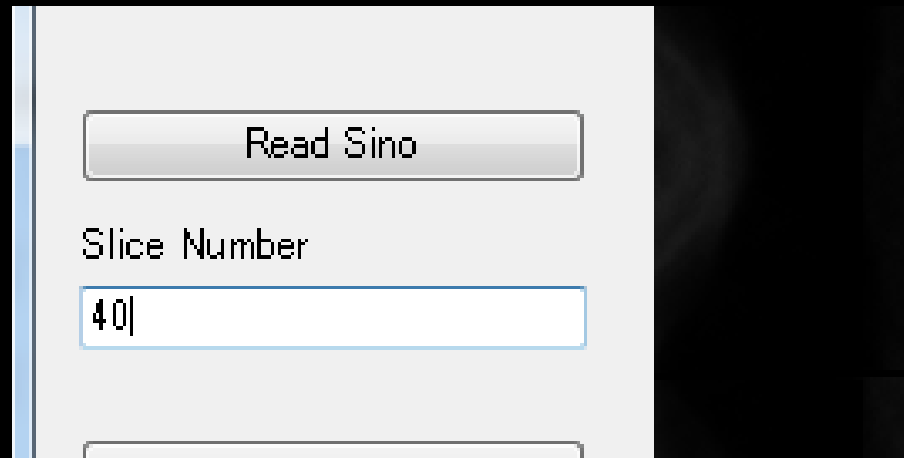
**OSEM ( Ordered Subsets Expectation Maximization )**

# OSEM

## ( Ordered Subsets Expectation Maximization )

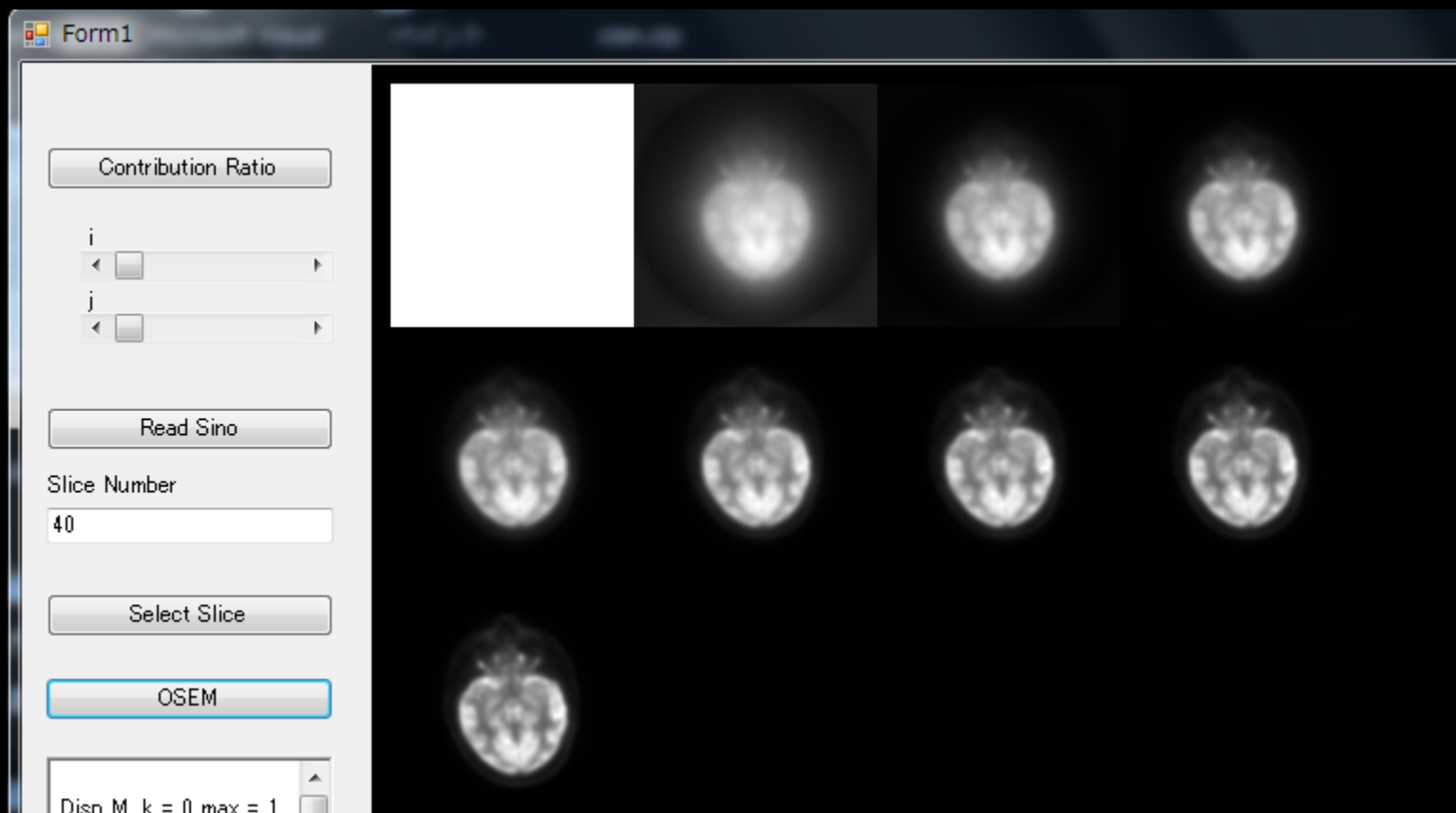
- OSEMフォルダ内の「OSEM.exe」を起動する。
- 「Contribution Ratio」ボタンを押すと、逐次近似法における確率分布の計算を行う。(やや時間がかかる場合がある)
- 「Contribution Ratio」による処理を行い画像が表示された後、「Read Sino」ボタンを押し「脳PET画像」ファイルを選択する。

- 「Slice Number」の下のテキストボックスにスライス番号を記載(35～45程度が良い)して、「Select Slice」ボタンを押す。





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



# OSEM 計算結果 繰り返し回数を多くするほど 画像が鮮明化することを確認する。

Subsets 2 繰り返し計算回数  $k$

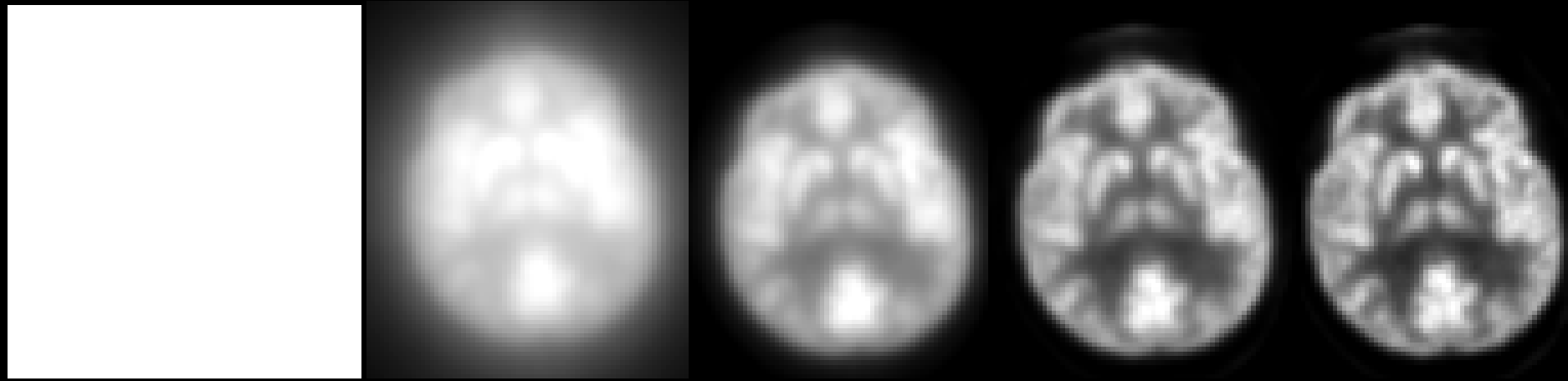
$k = 0$

$k = 2$

$k = 4$

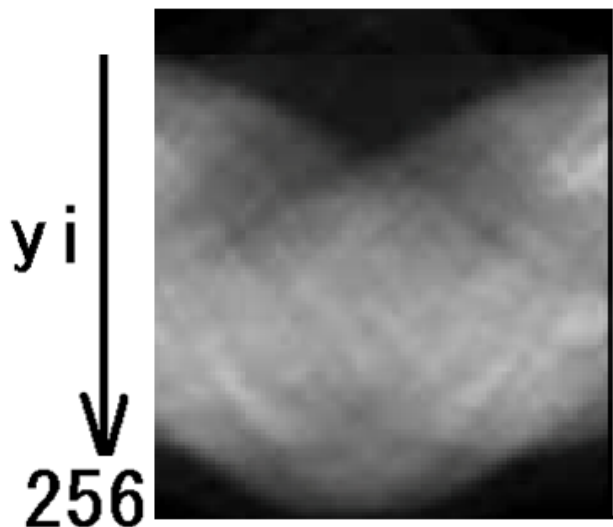
$k = 10$

$k = 20$

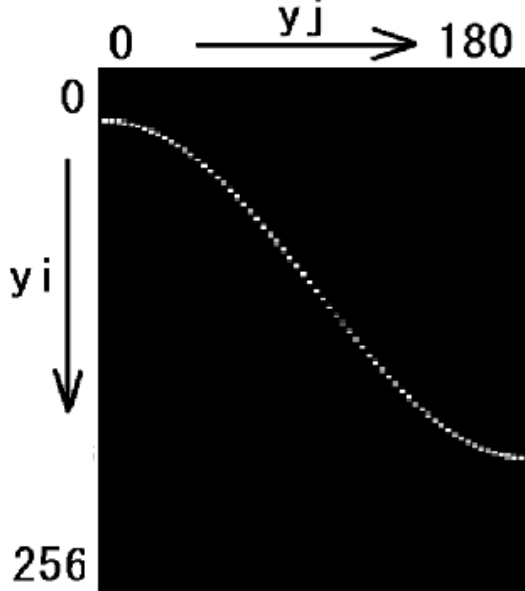


サイノグラム（横から測定した全方向からのデータ）  
から、確率の高い断面像を 逐次推定していく。

0 0  $\xrightarrow{y_j}$  180

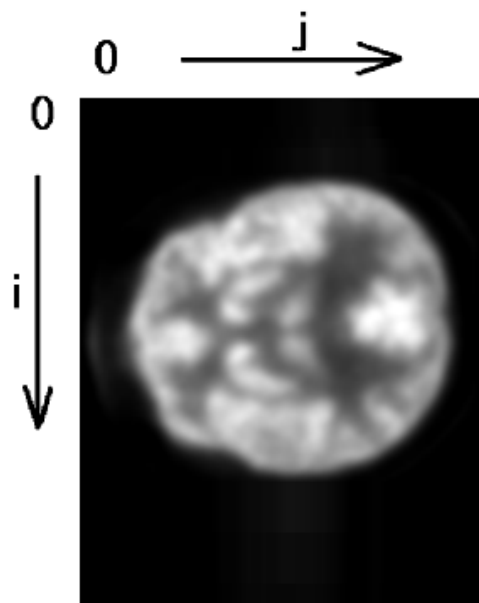


=

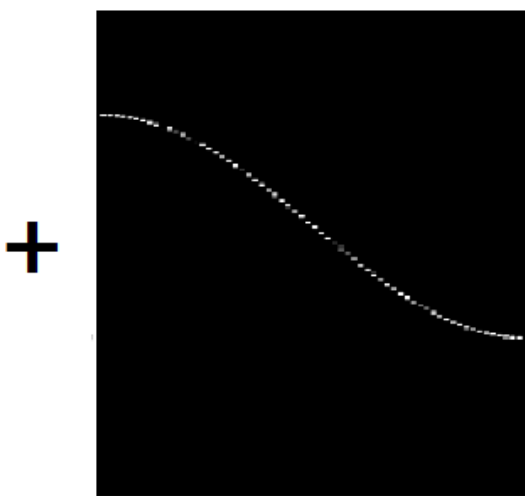


**X**

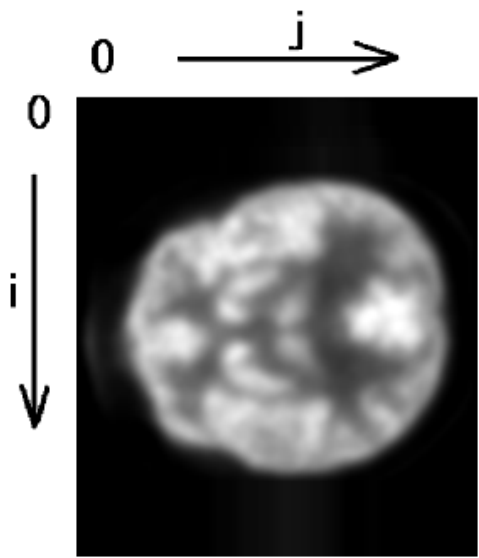
k番目の再構成画像



k番目の再構成画像から算出されたサイノグラム



**X**



これを、装置が撮像した真のサイノグラムと比較し、少しずつ修正し、k+1番目の再構成画像を算出する。

+ .....

# 逐次近似法

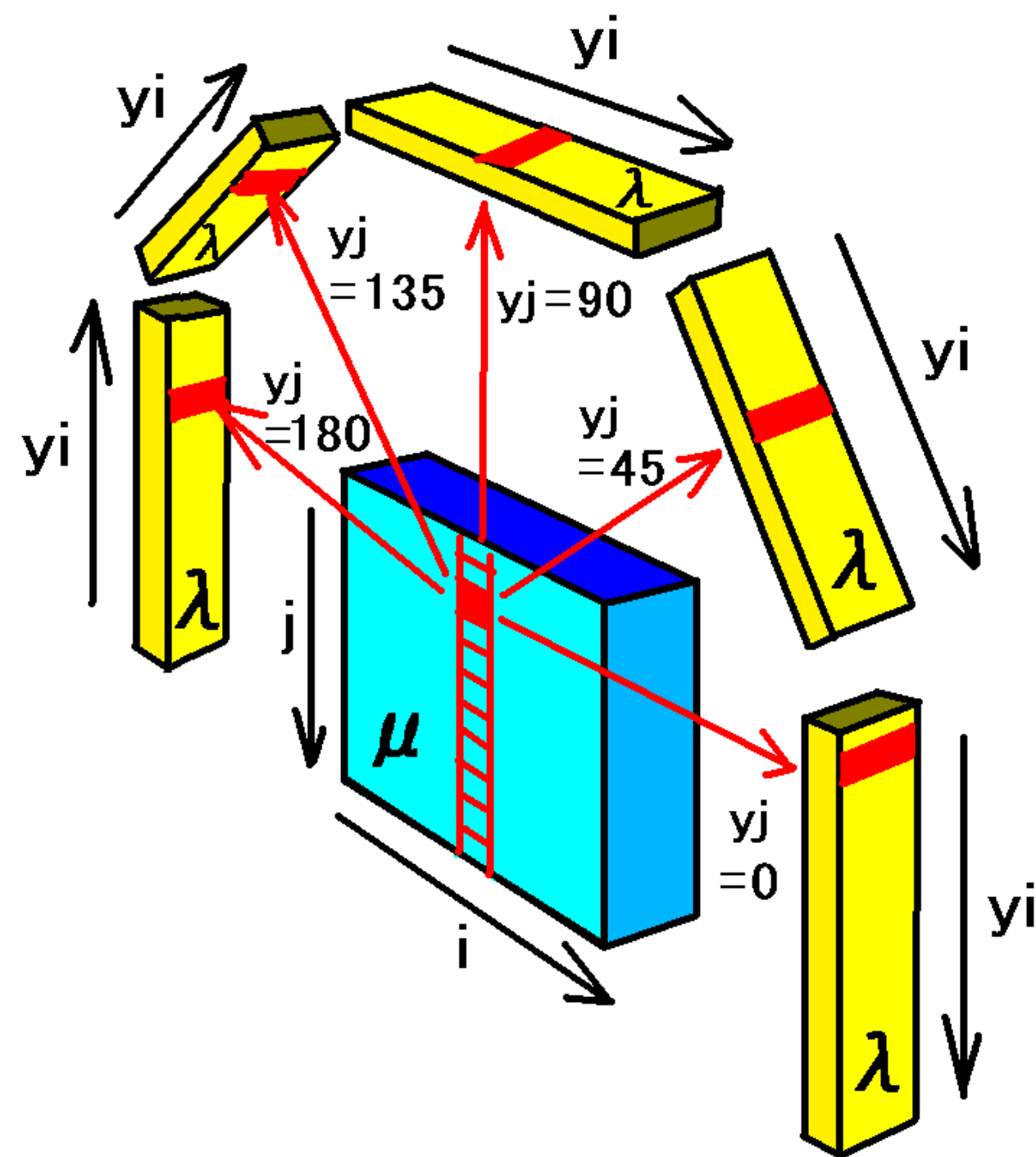
サイノグラム

$\lambda[y_i][y_j]$

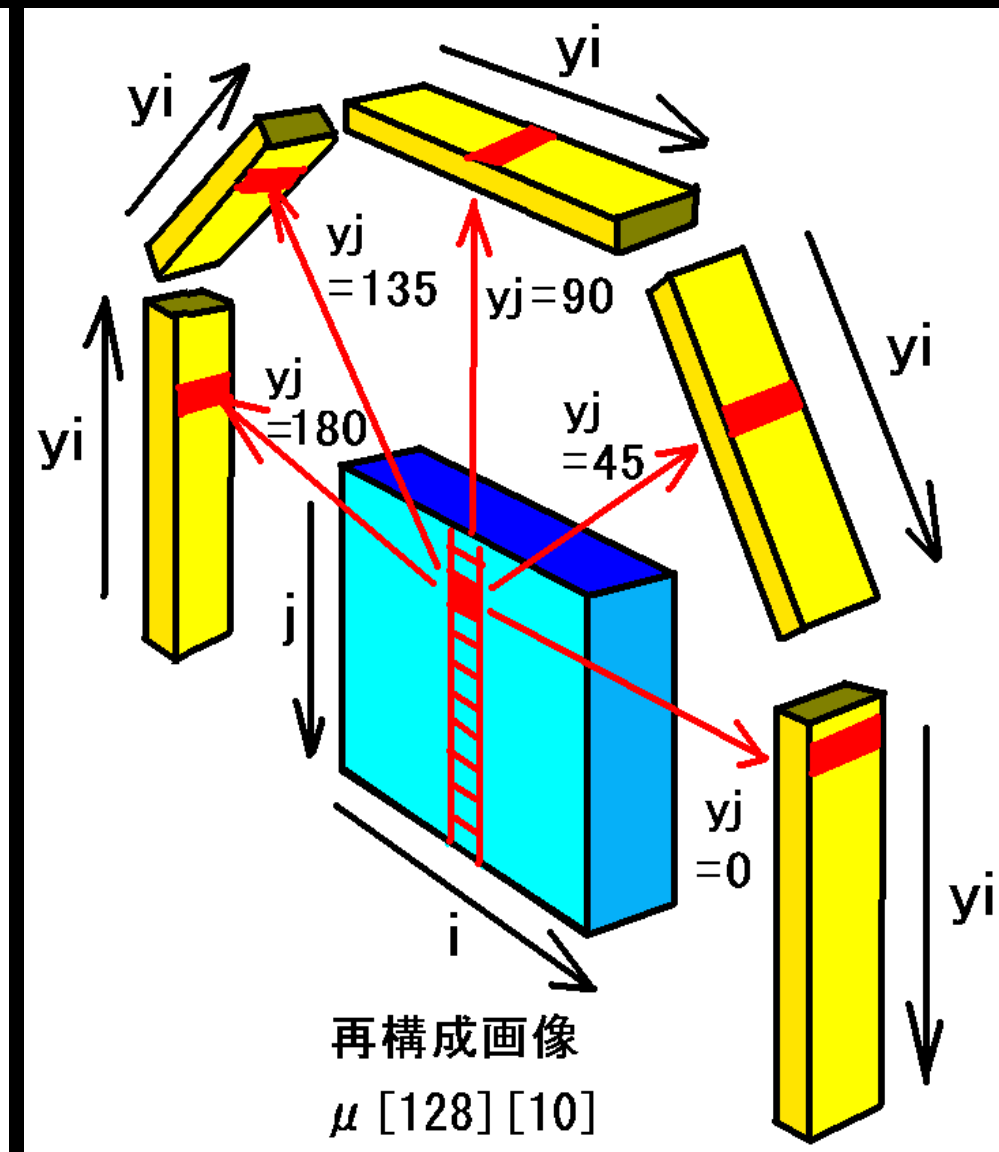
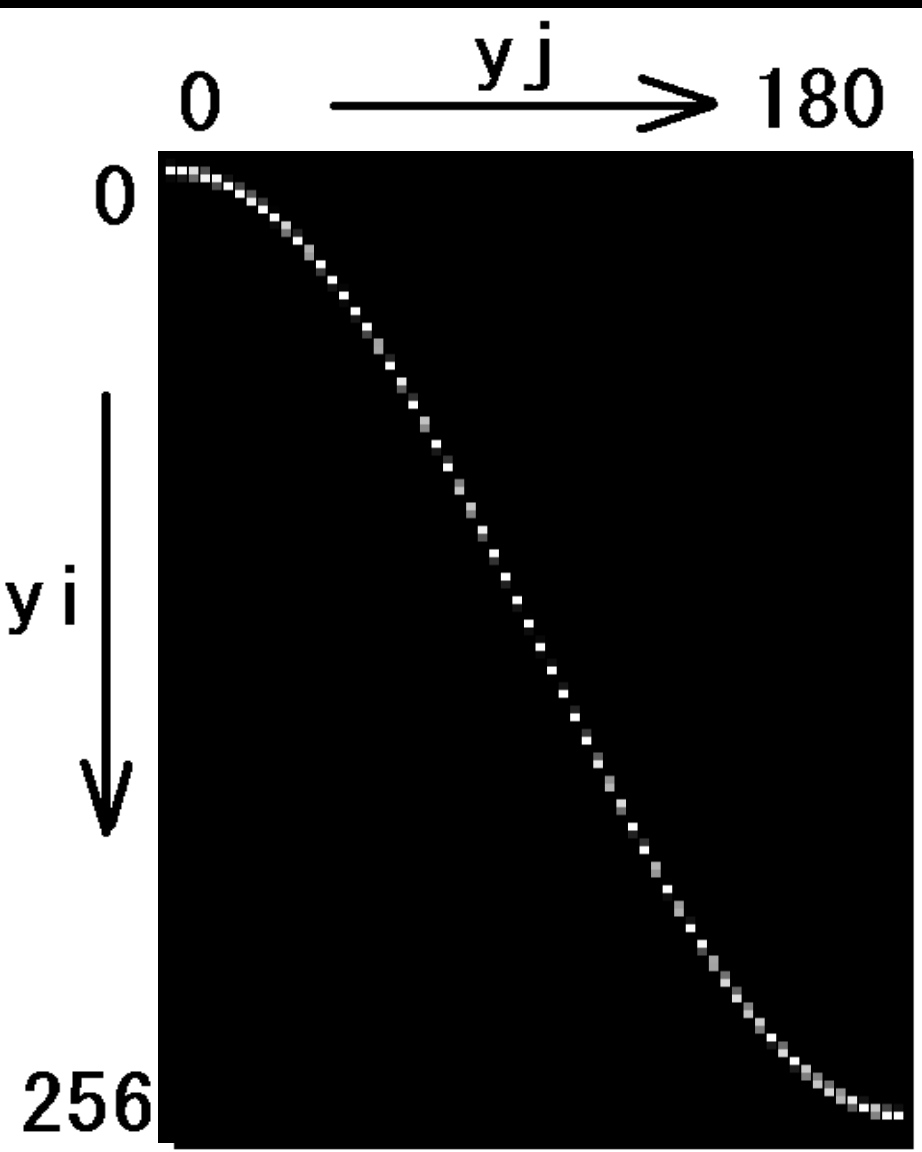
再構成画像

$\mu[i][j]$

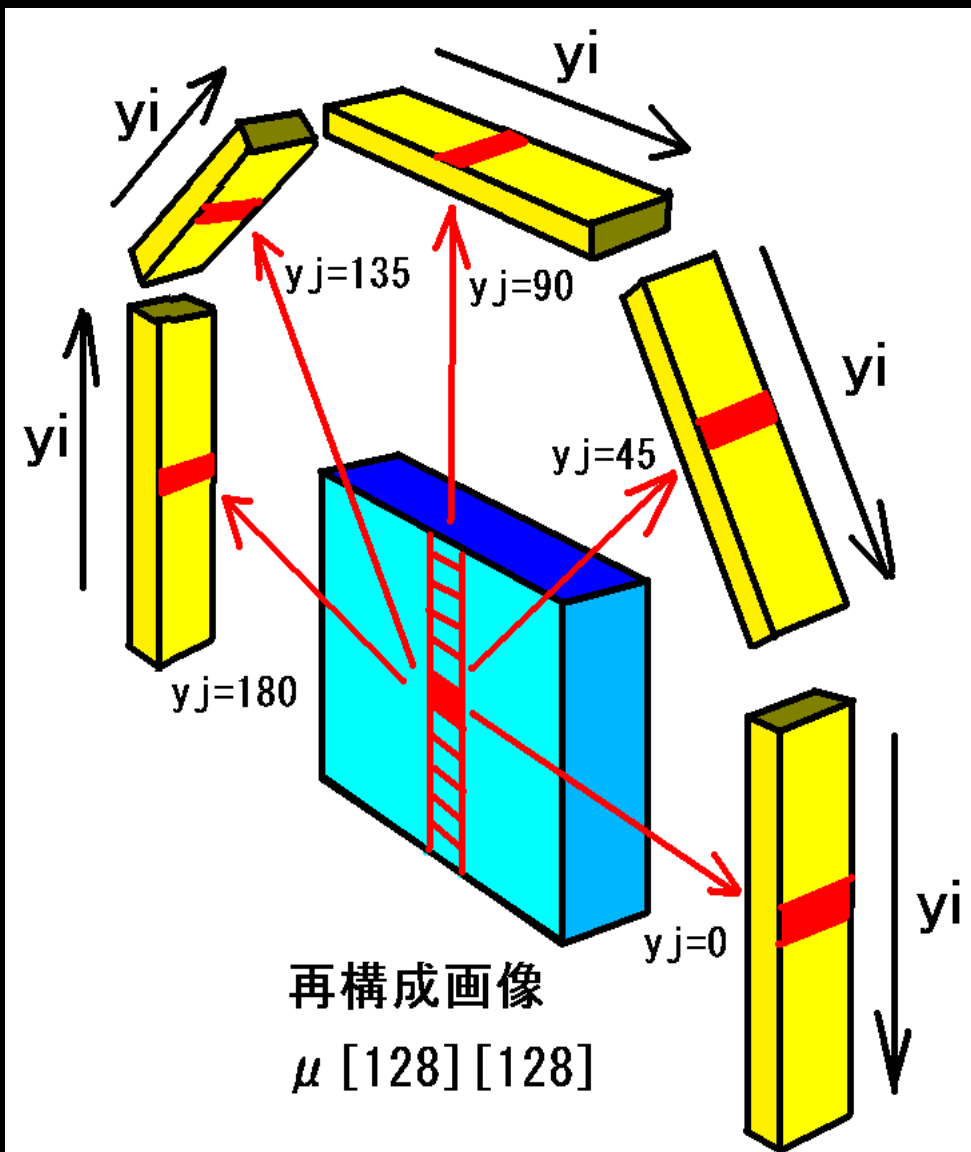
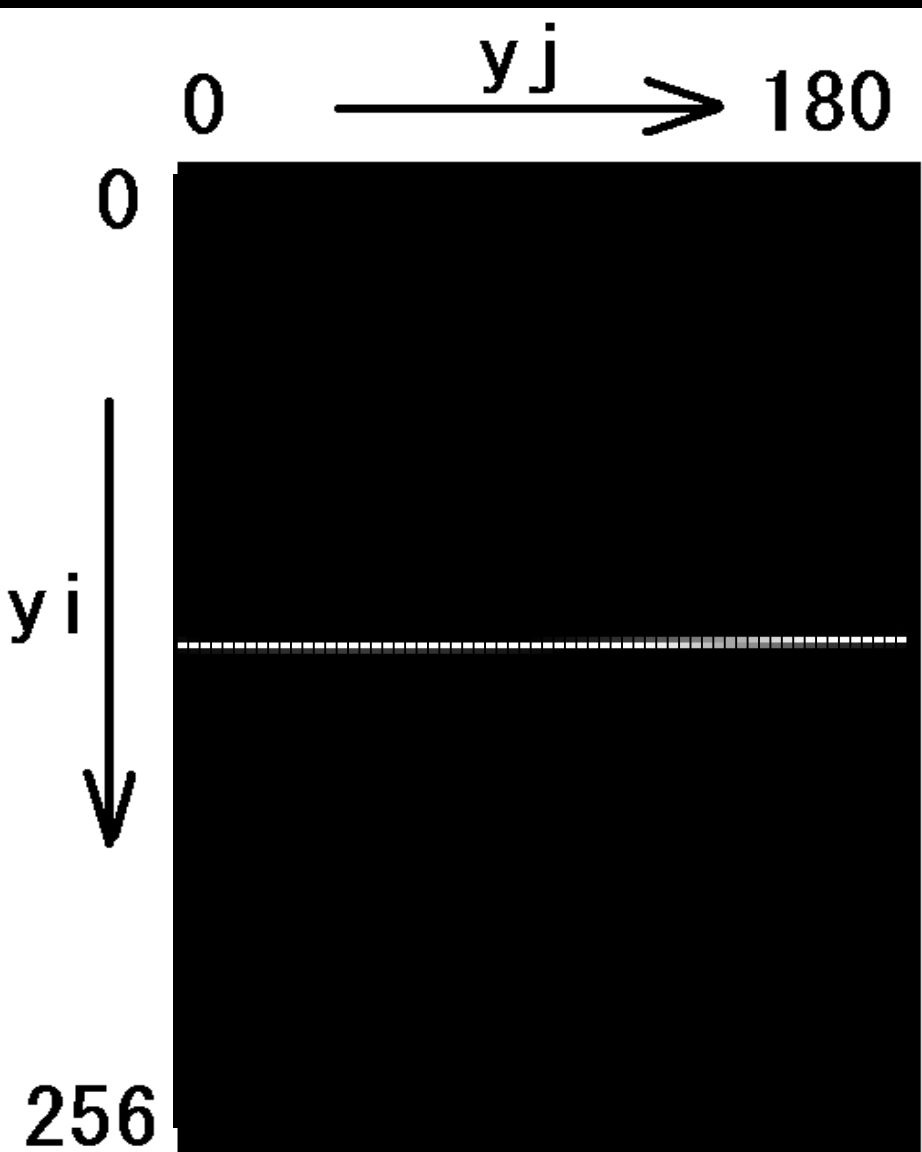
4次元の変数による繰り返し計算



# 再構成画像 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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  $\lambda$  と再構成画像  $\mu$  (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 $\mu$ から推定されるサイノグラム

推定画像 $\mu$ 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 $\mu$ 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  $\mu^k$  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  $\mu^{k+1}$  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  $\mu$  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  $\mu^k$  を計算する。

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

更に、 $y_j = 2, 5, 8$  の値で  $\mu^{k+1}$  を基に  $\mu^{k+2}$  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。

# 平成27年 国家試験 解答 2

2方向からの投影データを基に、 $2 \times 2$ 画素からなるCT画像を逐次近似法 (ART (algebraic reconstruction technique) 法) にて再構成する手順を図に示す。

a ~ d の数値の組合せで正しいのはどれか。

(1) 投影データ

(2) 
$$\frac{6 + 14}{2 \times 2} = 5$$

(3) 投影データ

(4) 
$$\frac{6 - 10}{2} = -2$$

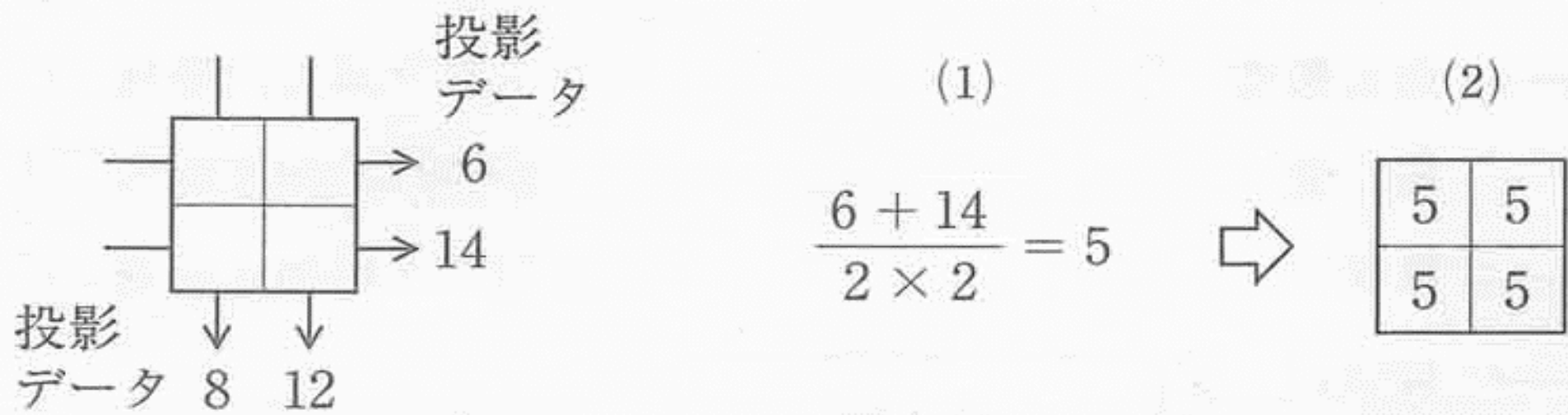
(5) 
$$\frac{14 - 10}{2} = 2$$

(6) 投影データ

(7) 
$$\frac{8 - 10}{2} = -1$$

(8) 
$$\frac{12 - 10}{2} = 1$$

- |    | a | b | c | d  |
|----|---|---|---|----|
| 1. | 1 | 5 | 7 | 7  |
| 2. | 2 | 4 | 6 | 8  |
| 3. | 3 | 3 | 5 | 9  |
| 4. | 4 | 2 | 4 | 10 |
| 5. | 5 | 1 | 3 | 11 |

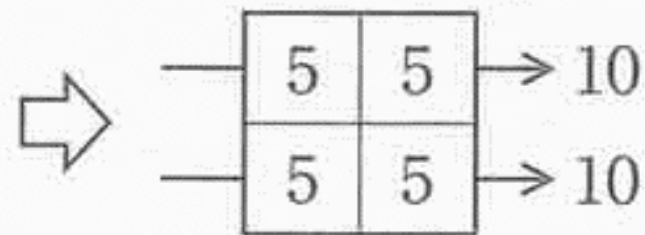


**断層画像の投影データ  $P_{\theta}$  の値の合計は、どの角度  $\theta$  でも、だいたい同じ程度の値になるはず。**  
**逐次近似法を計算するには、初めに適当な初期値が、断層画像の画素に入っていないといけない。**  
**そこで、まず右方向への透視データの合計を算出。それを断層画像(この問題では  $2 \times 2$  の画素数)のすべてに同じ画素値が入っているという初期条件を考える。**

(3)

(4)

(5)



$$\frac{6 - 10}{2} = -2$$

$$\frac{14 - 10}{2} = 2$$

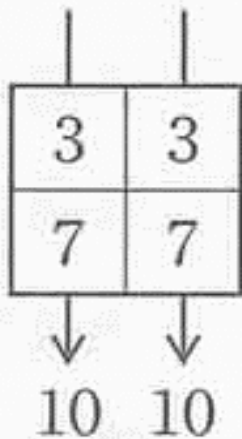


断層画像の画素すべてに画素値5が入っているという初期条件で、右方向への透視データを算出する。

正しい投影データ $P\theta$ と、初期条件での投影データの差分を算出。

その差を、透視した画素の数で割って、それぞれ透視した画素の画素値に加える。

(6)



(7)

$$\frac{8 - 10}{2} = -1$$

$$\frac{12 - 10}{2} = 1$$

(8)



次に、透視の向き $\theta$ を下方向にして、同様の計算。

正しい下向き投影データ $P\theta$ と、計算途中の断層画像の下向き投影データの差分を算出。

その差を、透視した画素の数で割って、それぞれ透視した画素の画素値に加える。

このように、逐次、投影データと整合する断層画像を計算する方法が、逐次近似画像再構成法。