

トモシンセシス画像の高画質化と 単純X線画像およびX線CT画像との比較

京都産業大学大学院

先端情報学研究科

先端情報学専攻

蚊野研究室 野村 泰佑

目次

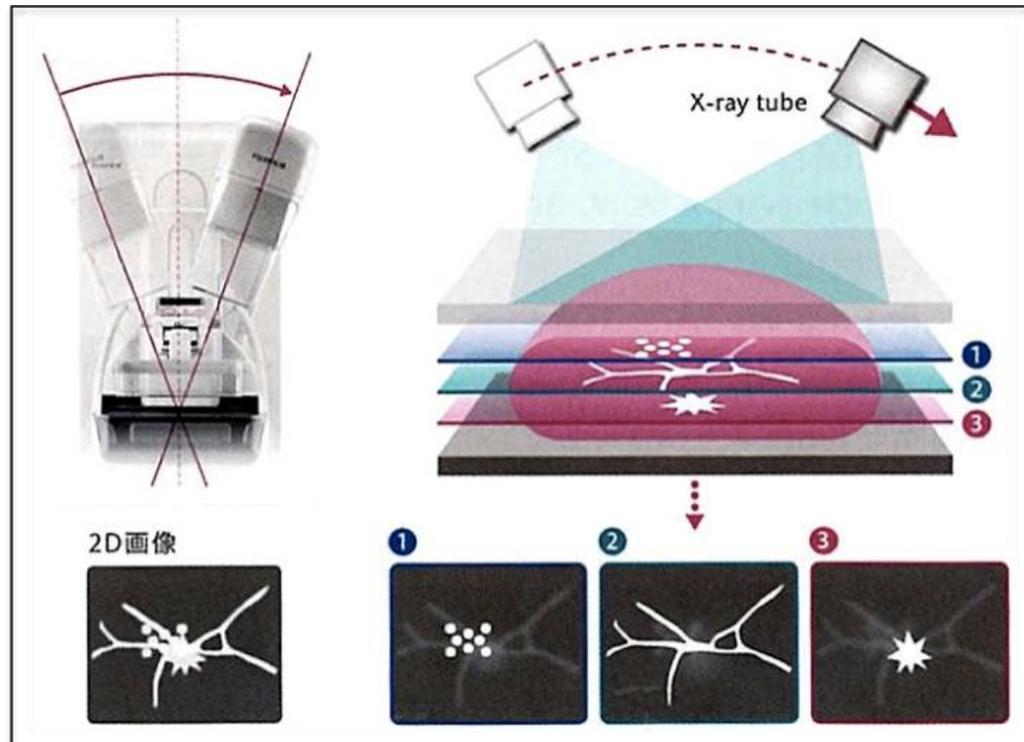
1. Introduction
2. シミュレーション実験の準備
3. シミュレーション実験の結果

1. Introduction

- トモシンセシスの概要
- 医用画像の撮影方法
- それぞれの医用画像
- 本研究の目的

トモシンセシスの概要

複数の単純X線画像から、任意の高さを強調した断層画像を生成する撮影方法



医用画像の撮影方法

それぞれの撮影方法は、生成画像が異なる。

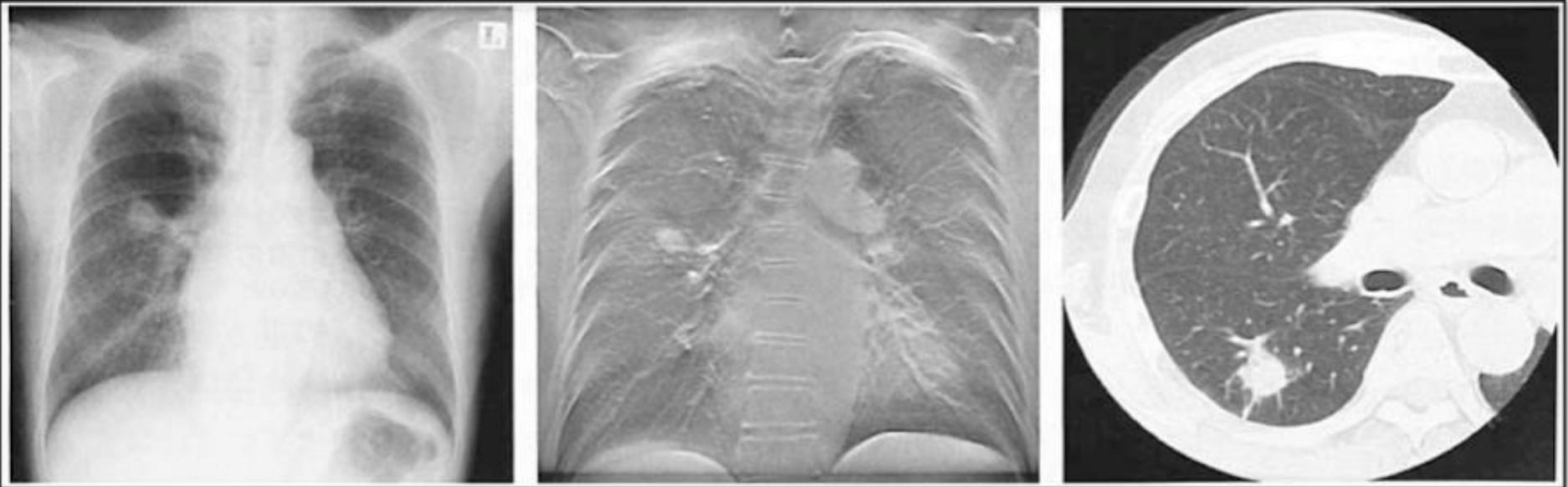
撮影方法	生成画像
単純X線撮影	1枚の投影画像
X線CT	3次元再構成像の断層画像
トモシンセシス	任意の高さを強調した断層画像

それぞれの医用画像

単純X線画像
(レントゲン画像)

トモシンセシス画像

X線CT画像



本研究の目的

1. トモシンセシスと、
単純X線撮影およびX線CTとの比較
2. トモシンセシスが有効な被写体についての考察
3. トモシンセシス画像の高画質化

2. シミュレーション実験の準備

- シミュレーション実験の開発環境
- シミュレーション用3次元ファントム
- トモシンセシス画像を生成する
シミュレーションプログラムの構成

シミュレーション実験の開発環境

OS	Mac OS X
CPU	2.8 GHz Intel Core i5
メモリ	4 GB 1333MHz DDR3
開発ツール	MATLAB (R2012a)
トモシンセシスの 投影角度	80° ~ 100° を1° 間隔

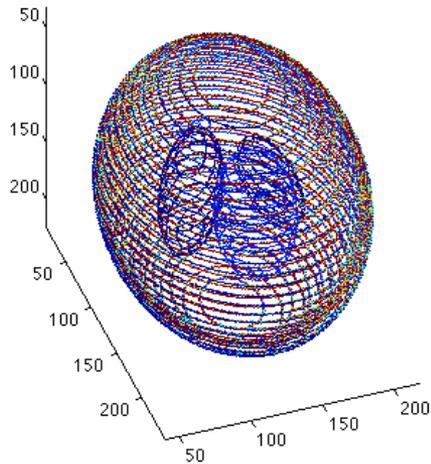
シミュレーション用3次元ファントム

それぞれのファントムは $256 \times 256 \times 256$ のボクセルデータであり、各ボクセルにはX線減衰率を表す値が格納されている。

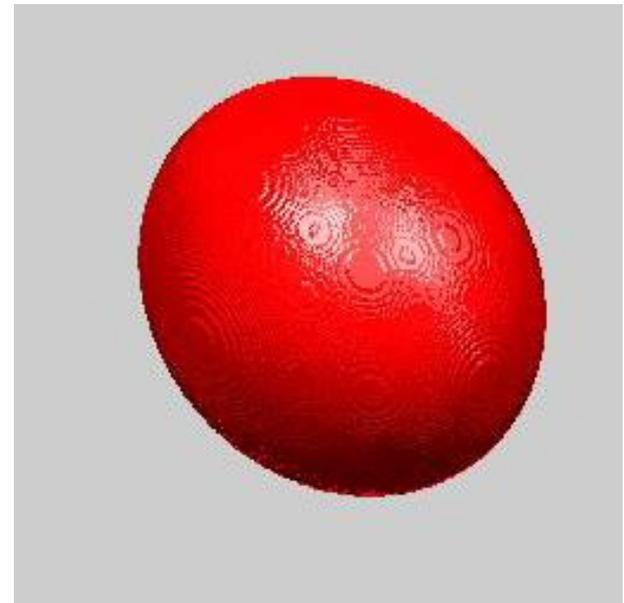
3次元ファントム	概要
Shepp-Logan ファントム	頭蓋骨内部のモデル
Original ファントム1	内部特徴の厚みが1
Original ファントム2	内部特徴の 厚みが大きい

Shepp-Logan ファントム

頭蓋骨を想定した楕円球の内部に、
脳内の特徴を表す複数の楕円球が含まれる



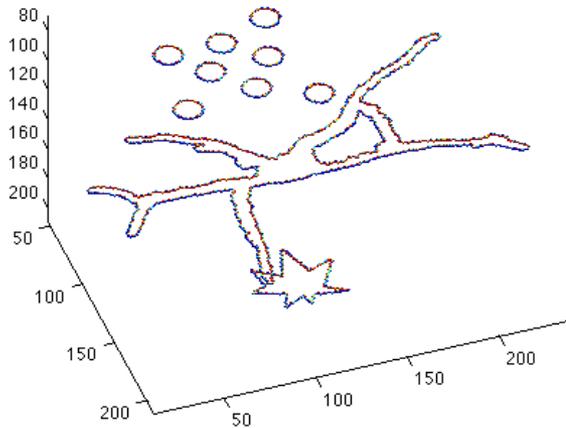
等高線表示



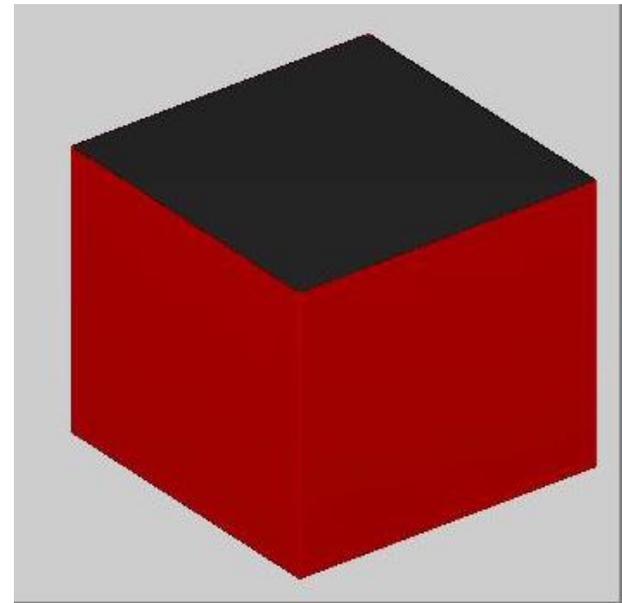
動画表示

Original ファントム1

人体組織(複数の小円)・血管・腫瘍(星形)の特徴を、
厚みのない状態で含むファントム



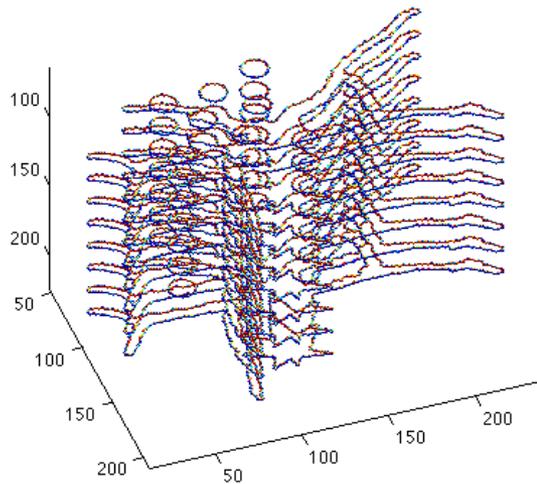
等高線表示



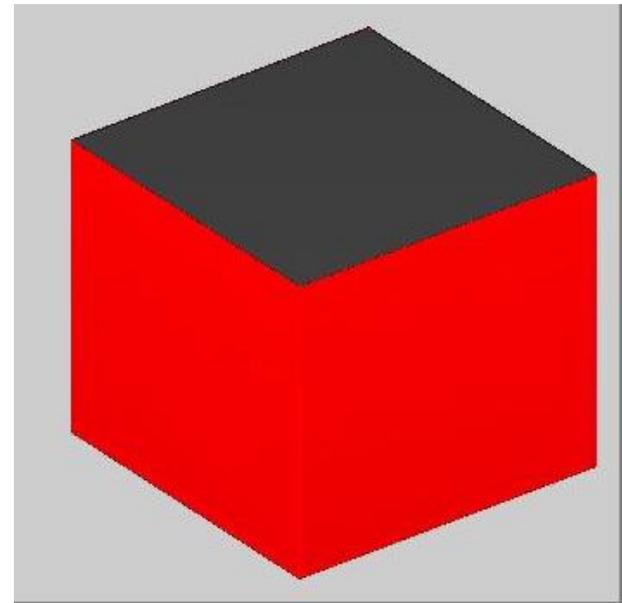
動画表示

Original ファントム2

人体組織(複数の小円)・血管・腫瘍(星形)の特徴を、
厚みのある状態で含むファントム



等高線表示

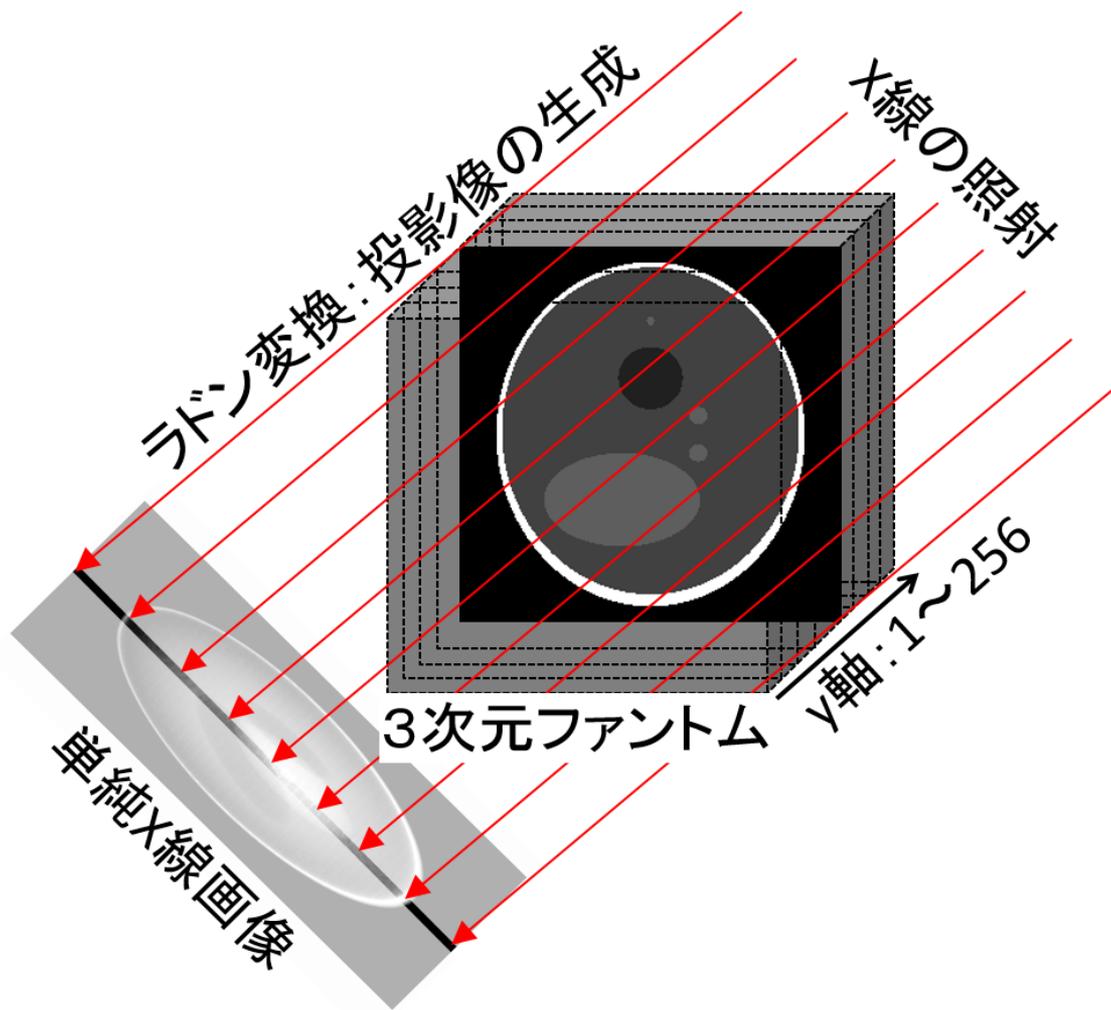


動画表示

トモシンセシス画像を生成する シミュレーションプログラムの構成

- Step 1: 各角度で単純X線画像を生成する
- Step 2: 90° で投影した単純X線画像の面に、
Step 1 の画像を再投影する
- Step 3: 強調したい高さに応じて、
Step 2 の画像をずらして重ね合わせる

Step 1 : 各角度で単純X線画像を生成する



Step 1 : Originalファントム1の 各角度での単純X線画像

投影角度が変わると、組織の重なり方が変化する。

投影角度: 80°



投影角度: 90°

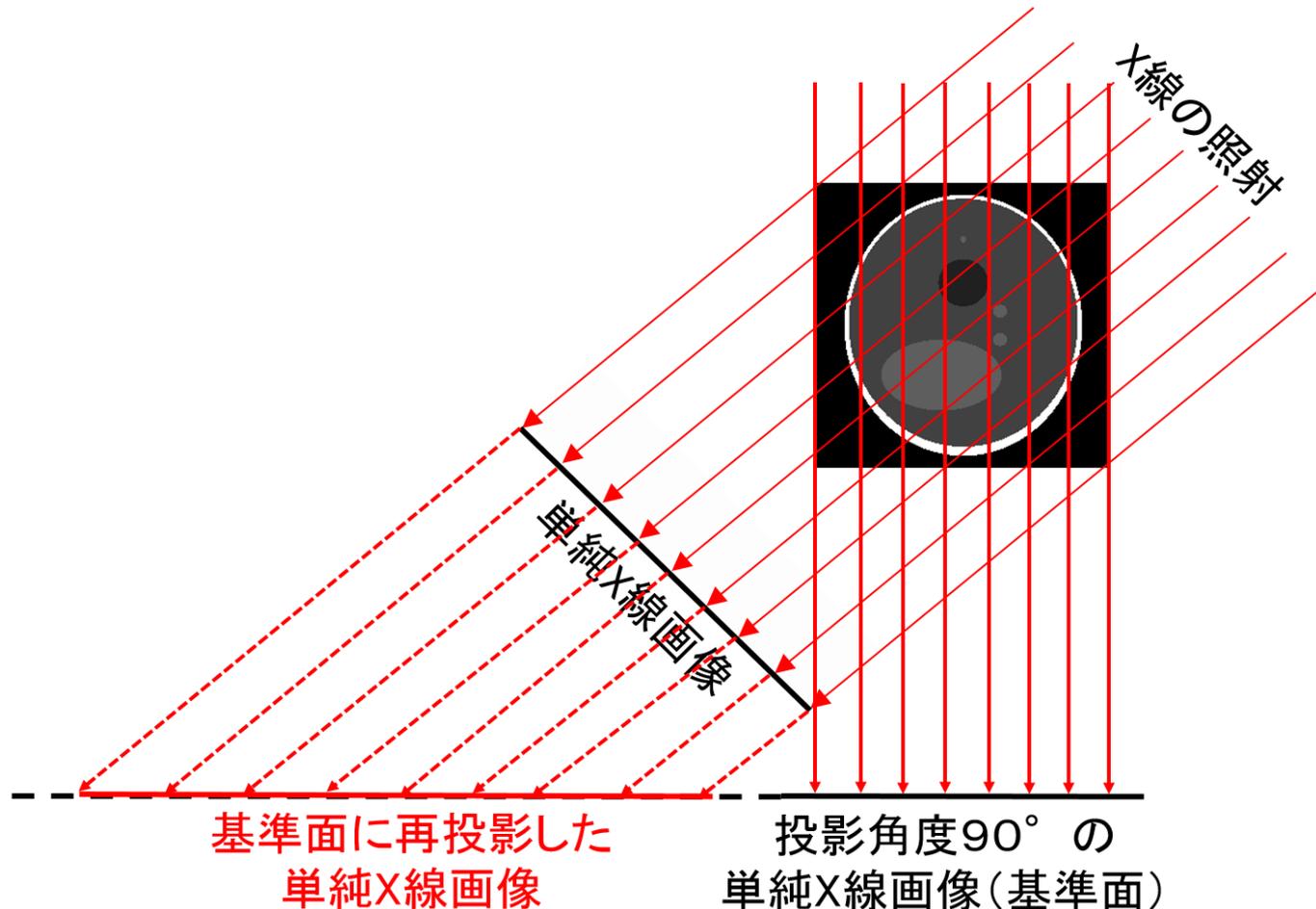


投影角度: 100°

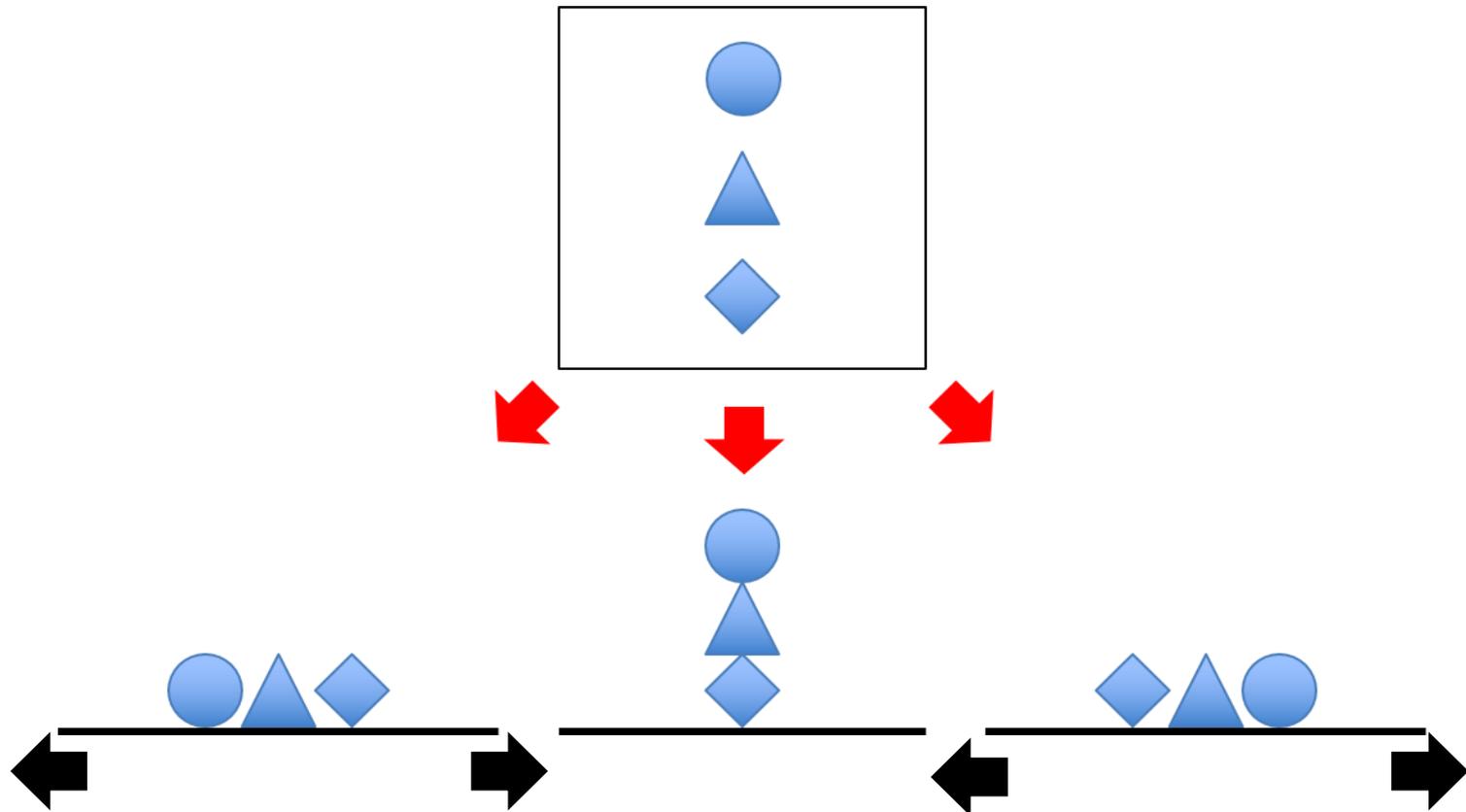


Step2:

90° で投影した単純X線画像の面に、
Step1の画像を再投影する



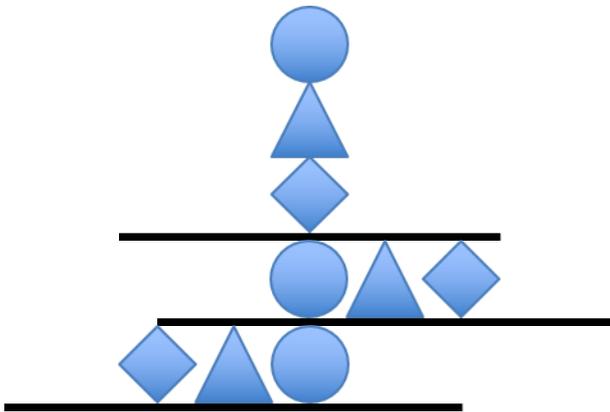
Step3:
強調したい高さに応じて、
Step2の画像をずらす



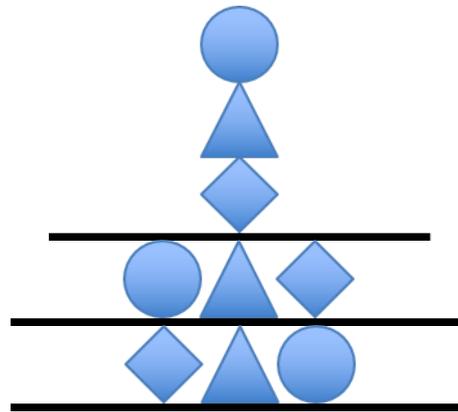
Step3 : 続き

Step2の画像をシフトして重ね合わせることで、
強調したい高さを選択できる

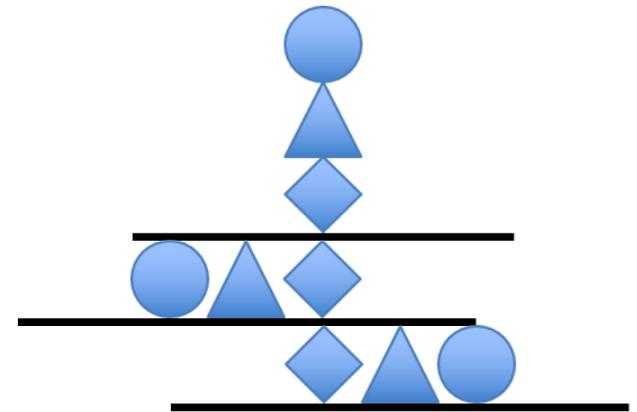
○を強調



△を強調



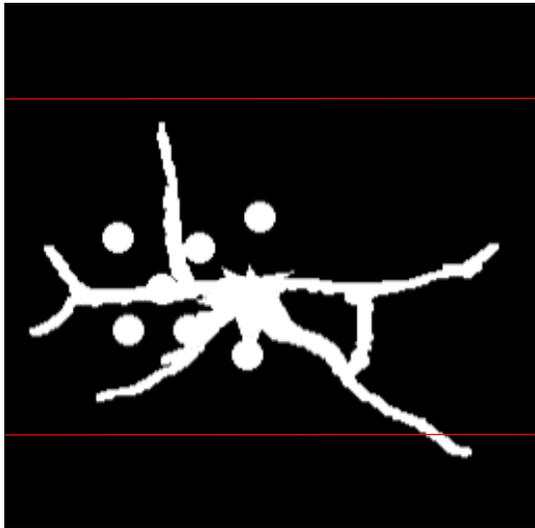
◇を強調



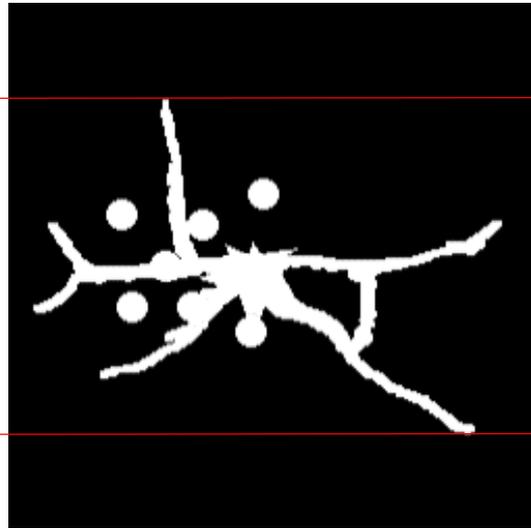
Step2~3: 基準面に再投影し、 高さ補正を加えた画像

強調する断層面の高さによって、シフト量が異なる。

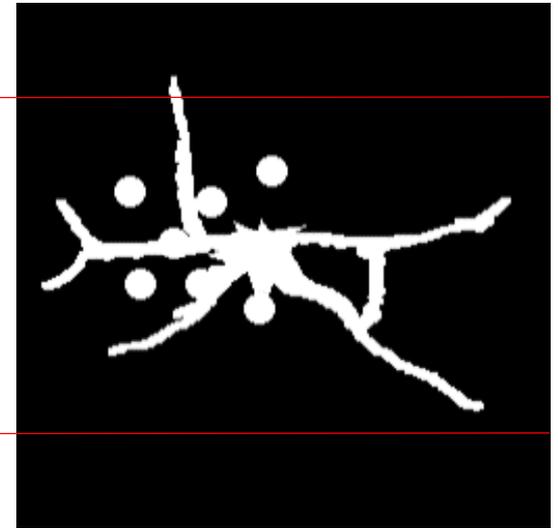
80° の単純X線画像
高さ64に補正



80° の単純X線画像
高さ128に補正

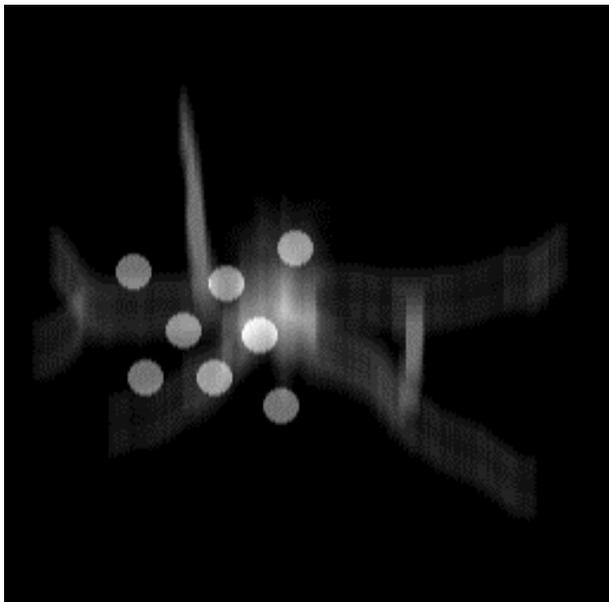


80° の単純X線画像
高さ192に補正

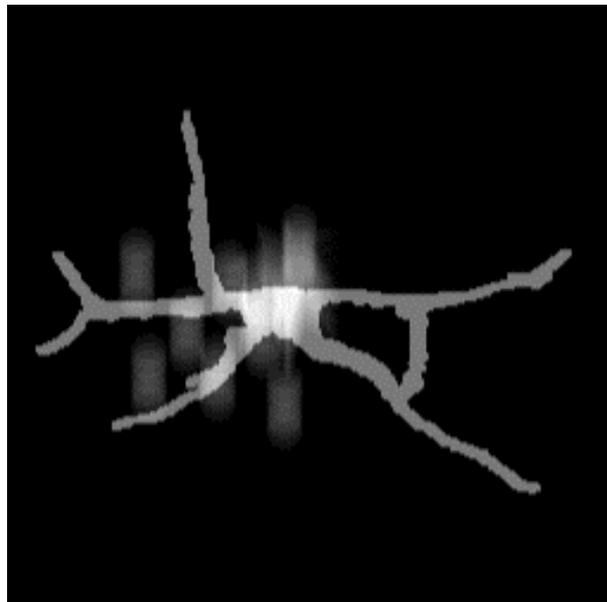


シミュレーションプログラムで生成した トモシンセシス画像

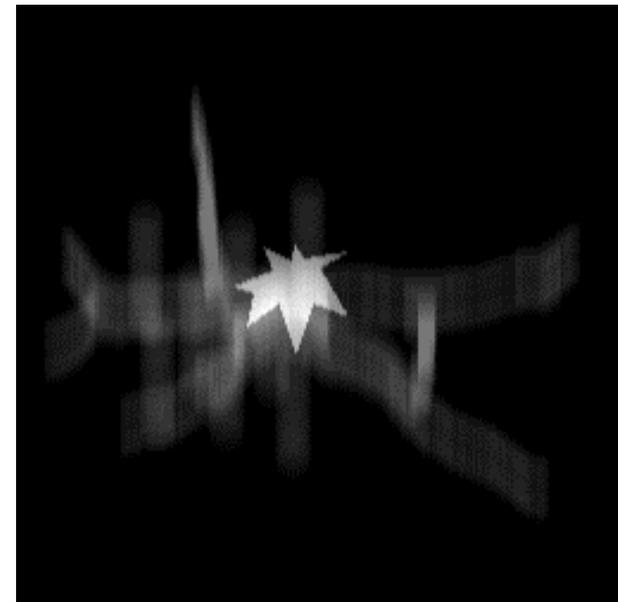
高さ70で強調した
トモシンセシス画像



高さ140で強調した
トモシンセシス画像



高さ210で強調した
トモシンセシス画像

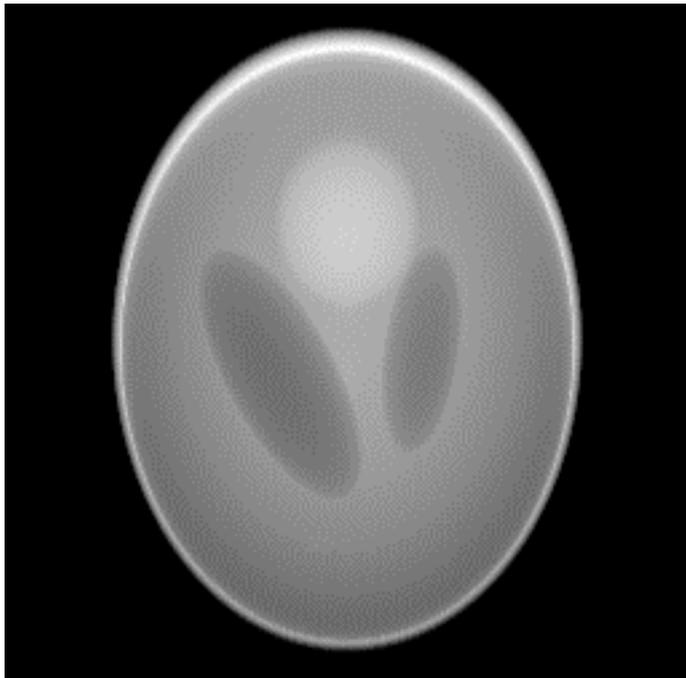


3. シミュレーション実験の結果

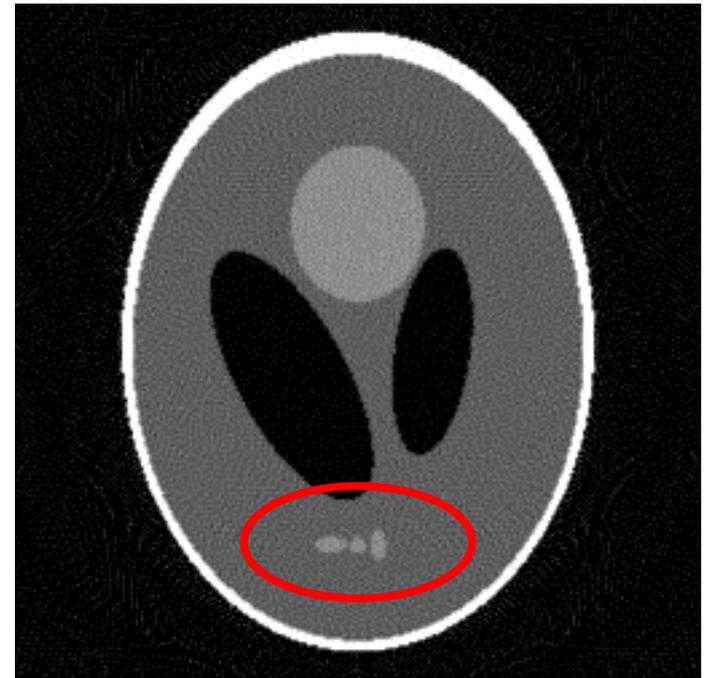
- トモシンセシスとX線CTとの比較
- トモシンセシスが有効な被写体
- トモシンセシス画像の高画質化
 - X線の走査範囲を限定する手法
 - X線源の軌道を複数取る手法

トモシンセシスとX線CTとの比較

同じ断層面を比較すると、
3次元再構成を行うX線CTの方が高画質である。

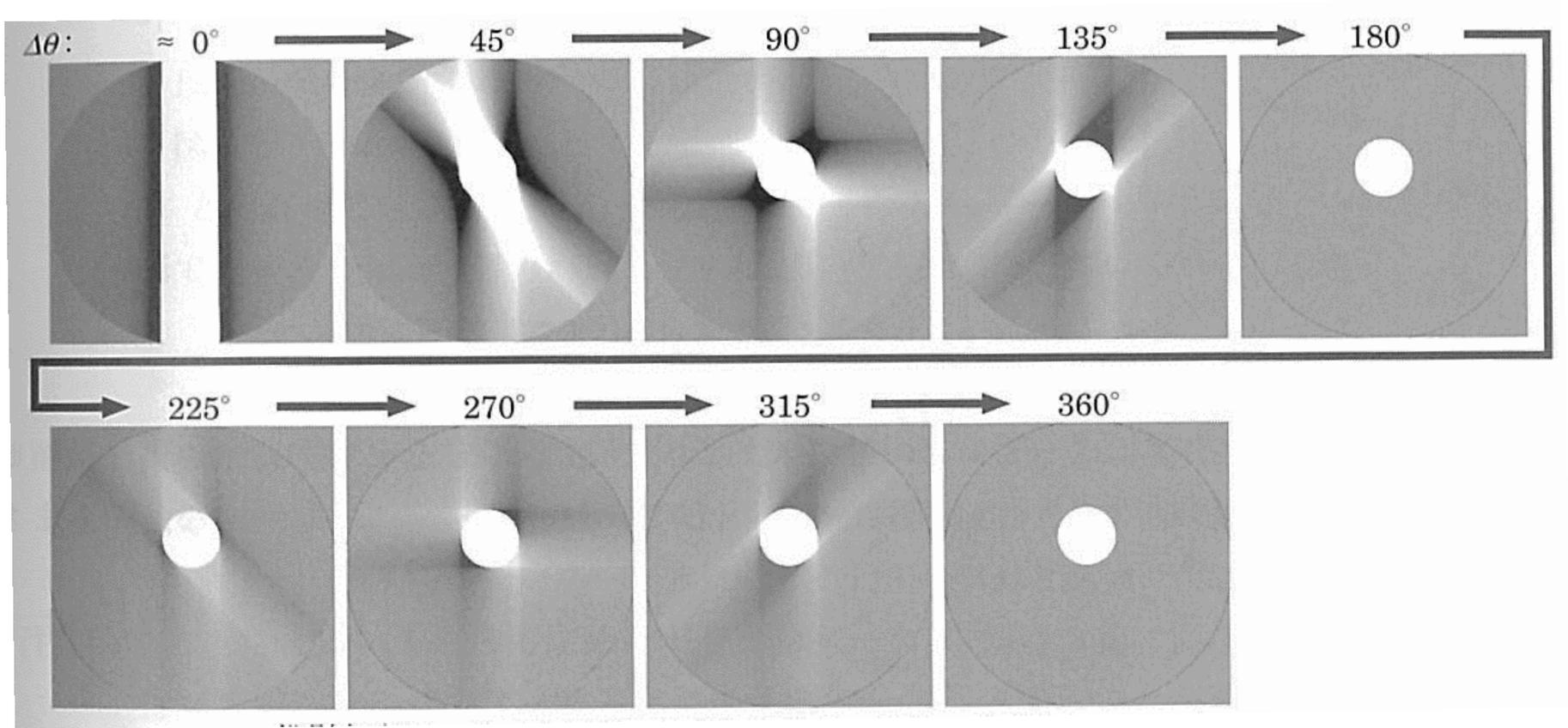


トモシンセシス画像
下部の小円が見えない



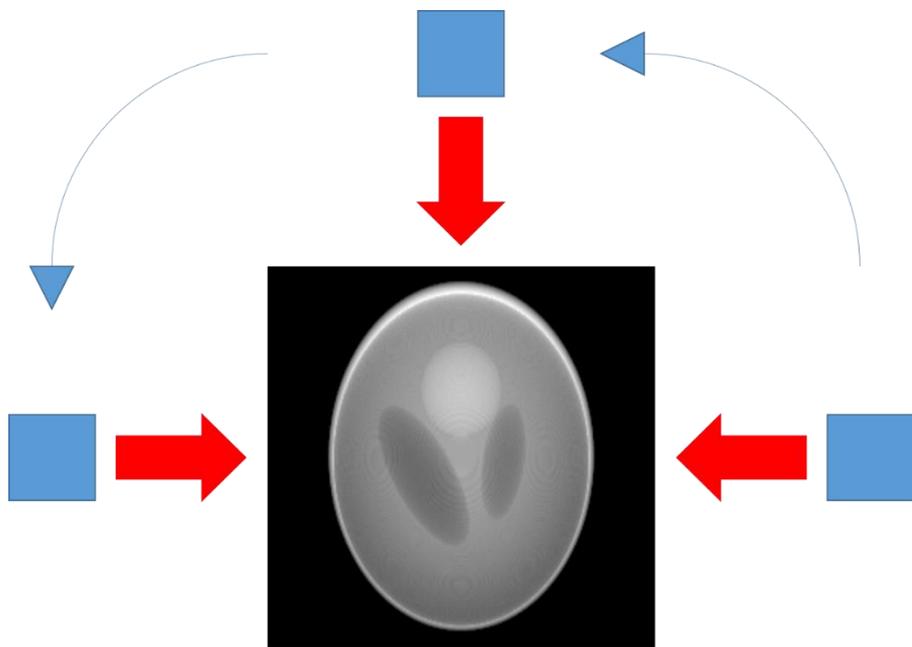
X線CT画像
下部の小円が見える

X線CTの逆投影

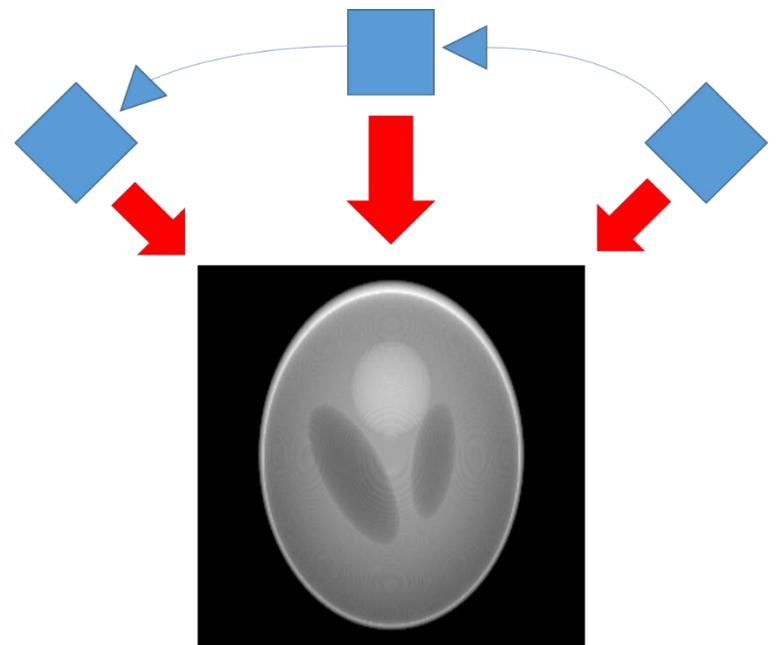


制限角度投影X線CT

投影角度を制限した場合どうなるのか？



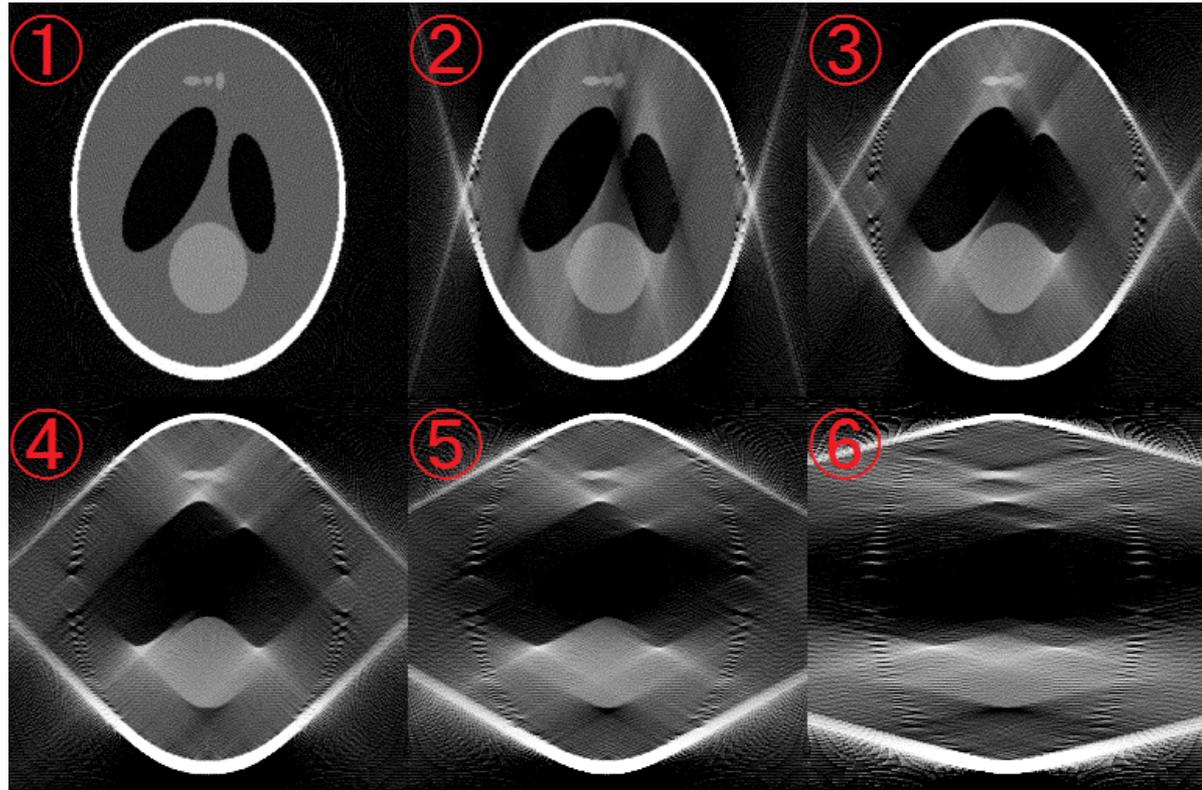
0° から180° の投影



45° から135° の投影

制限角度投影時のX線CT画像

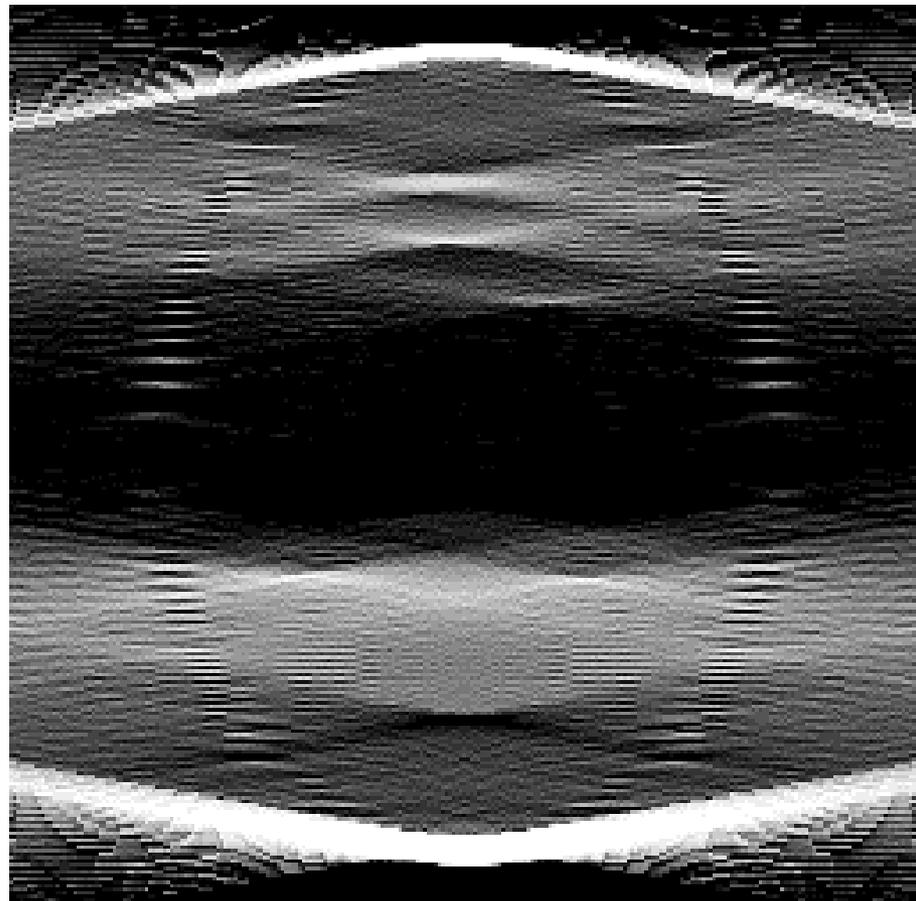
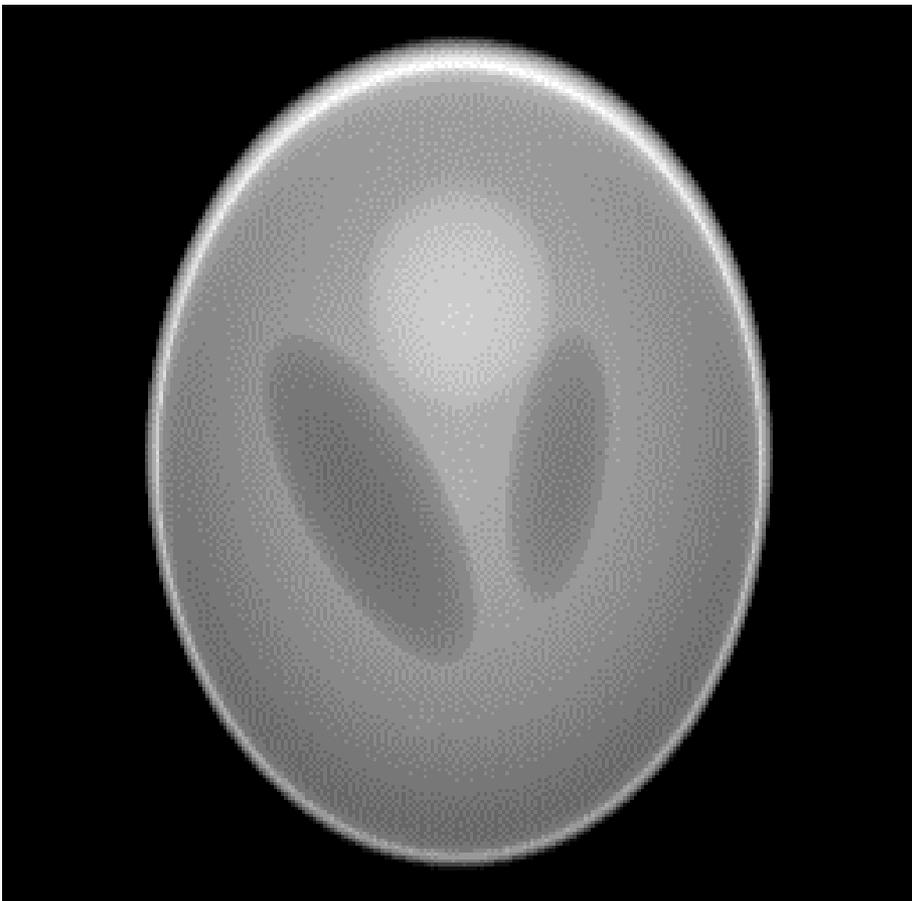
右図 番号	投影角度 (投影角度の数)
①	0° ~ 180° (180)
②	15° ~ 165° (150)
③	30° ~ 150° (120)
④	45° ~ 135° (90)
⑤	60° ~ 120° (60)
⑥	75° ~ 105° (30)



投影角度の範囲が100° 以下になると、再構成画像が著しく劣化する。

80° ~ 100° の投影で生成した トモシンセシス画像(左)と X線CT画像(右)

トモシンセシスと同じ投影範囲では、X線CT画像は全く再構成できない。



トモシンセシスとX線CTの比較

- 十分な投影角度があれば、X線CTの方が高画質
- 投影角度が少ないと、トモシンセシスの方が高画質
- 投影角度が少なければ、被ばく量が少ない
- 投影角度が少なければ、撮影機材や被写体への制限が少ない

シミュレーション実験での 被ばく量の比較

1つの投影画像を生成する際の
被ばく量を1単位とする

撮影方法	被ばく量
単純X線撮影	1単位
X線CT	1単位 × 投影した角度の数 (投影角度が十分に必要)
トモシンセシス	1単位 × 投影した角度の数 (投影角度は少なくともよい)

実際の被ばく量の違いの例

実際の被ばく量の差の平均は約220倍
シミュレーション実験の場合は9倍

部位	トモシンセシス 測定値[μGy]	X線CT 測定値[μGy]	比 X線CT / トモシンセシス
額部中央	60.9	21815.3	358.2
右水晶体	116.3	34309.7	295.0
眉間	70.2	33106.3	471.6
左水晶体	106.9	30681.7	287.0
左耳介部	486.7	13311.7	27.4
後頭部	5737.8	6200.7	1.1
右耳介部	533.9	27838.3	52.1
鼻部	70.3	17865.0	254.1

実際の医療現場での 撮影機材の違い



Aquilion ONE
(東芝メディカルシステムズ)

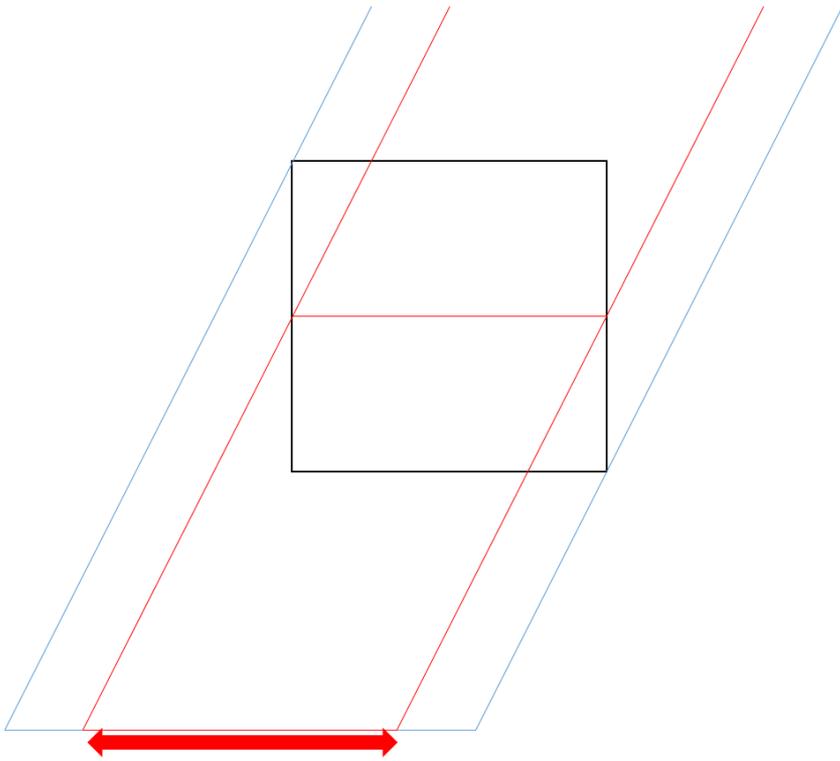


Discovery XR656
(GEヘルスケア)

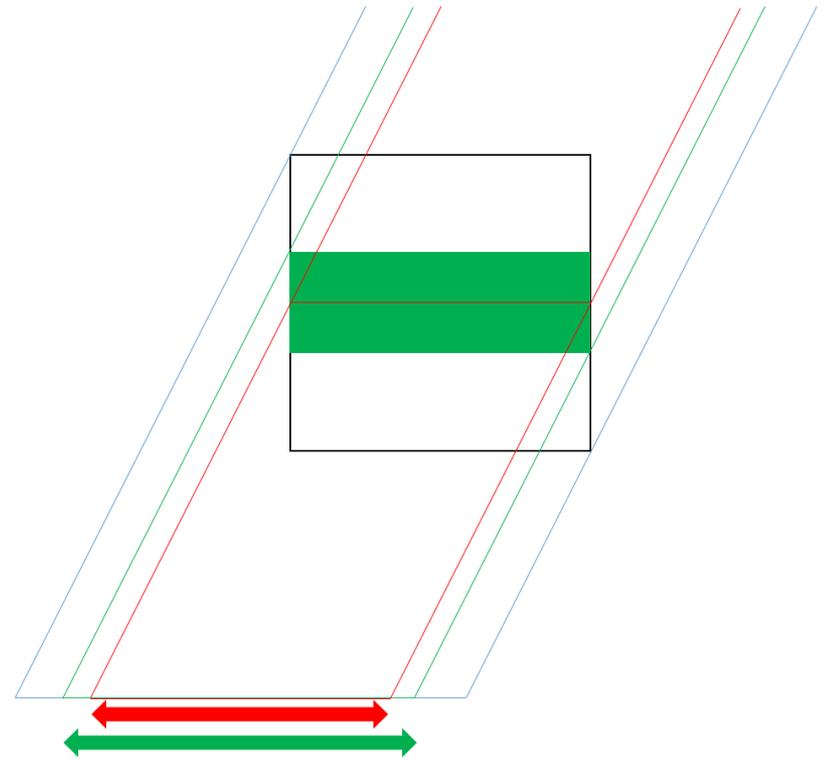
トモシンセシスが有効な被写体

- 内部特徴の厚みの影響が大きい

内部特徴の厚みの有無による差



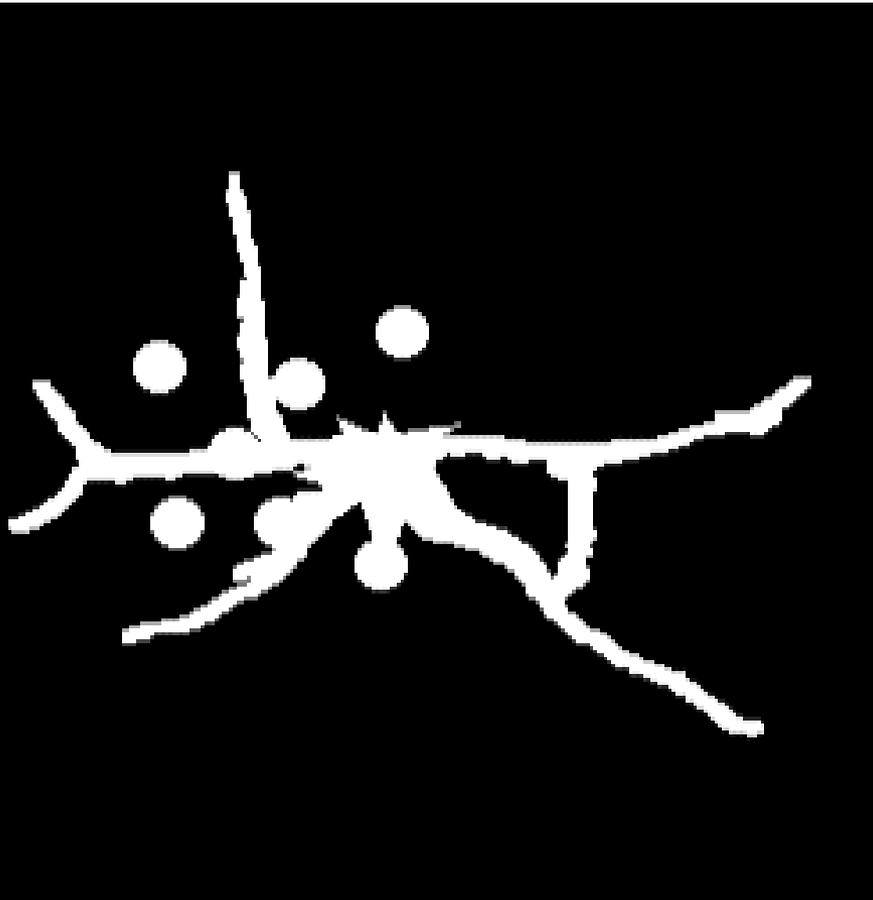
内部特徴に
厚みがない場合



内部特徴に
厚みがある場合
厚み方向の情報も投影される

内部特徴の厚みの有無による 単純X線画像の差

Originalファントム1・80°



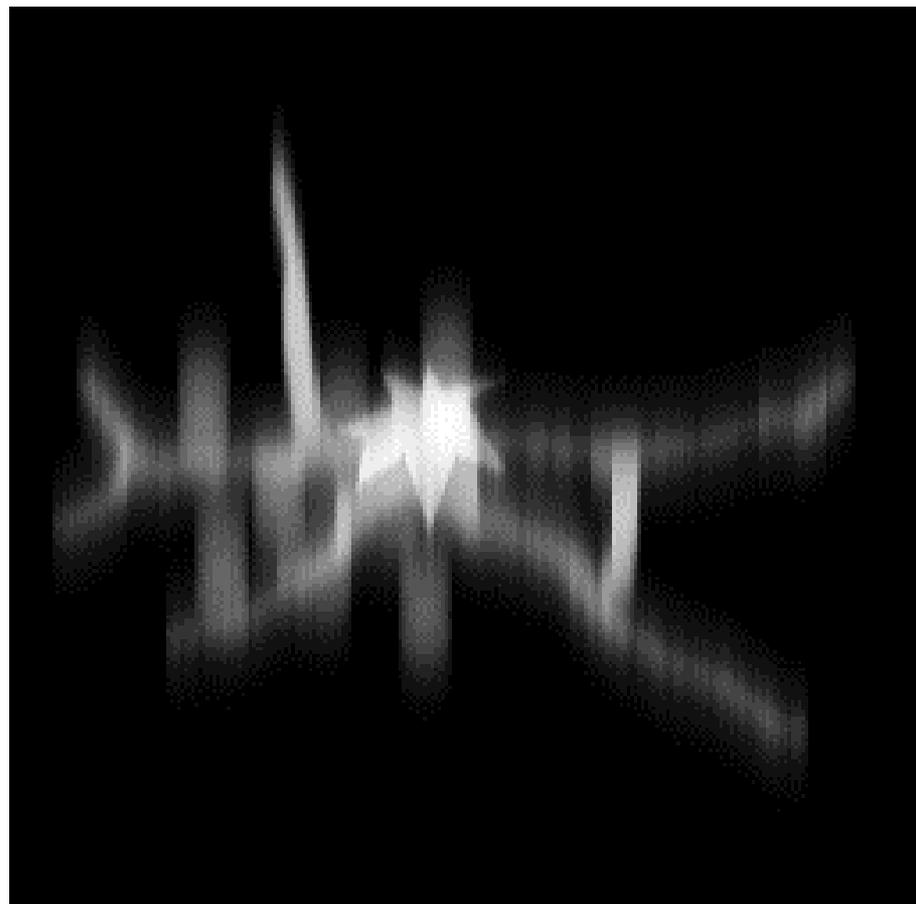
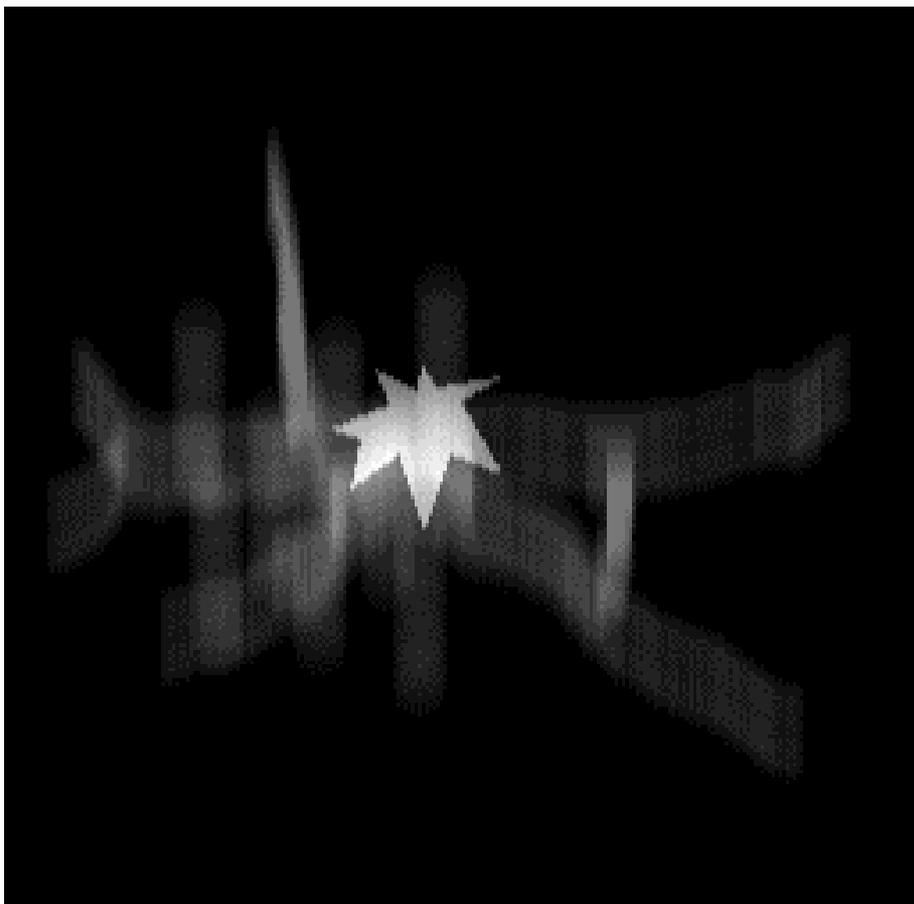
Originalファントム2・80°



トモシンセシス画像への影響

厚みがない場合、
腫瘍が明瞭に観察できる

厚みがある場合、
腫瘍にボケが生じる

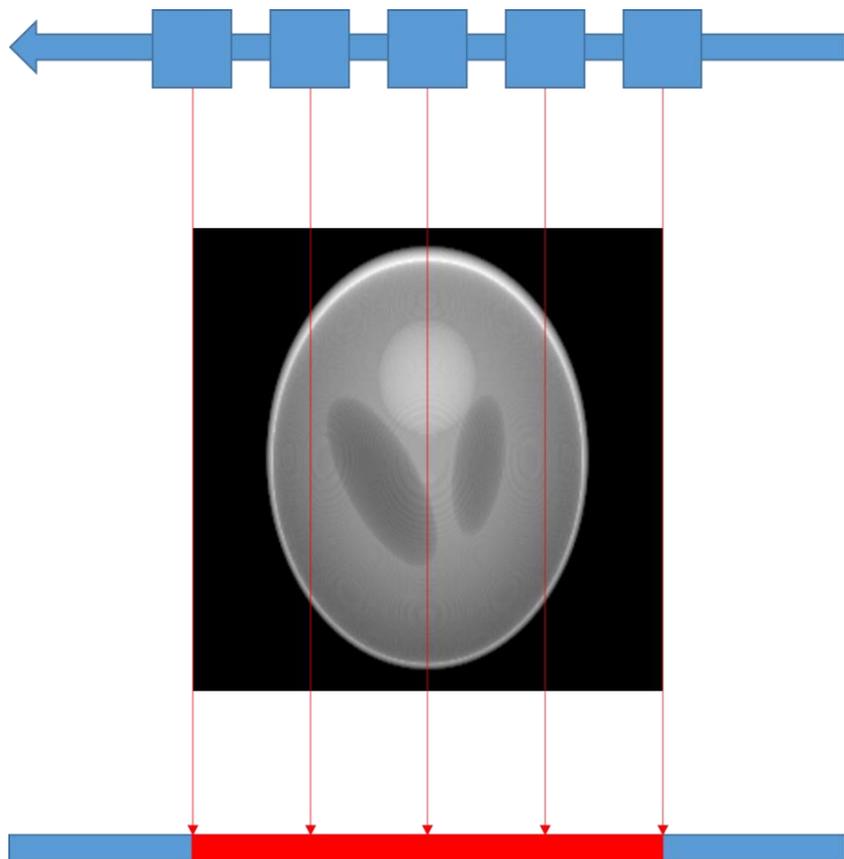


トモシンセシスの高画質化

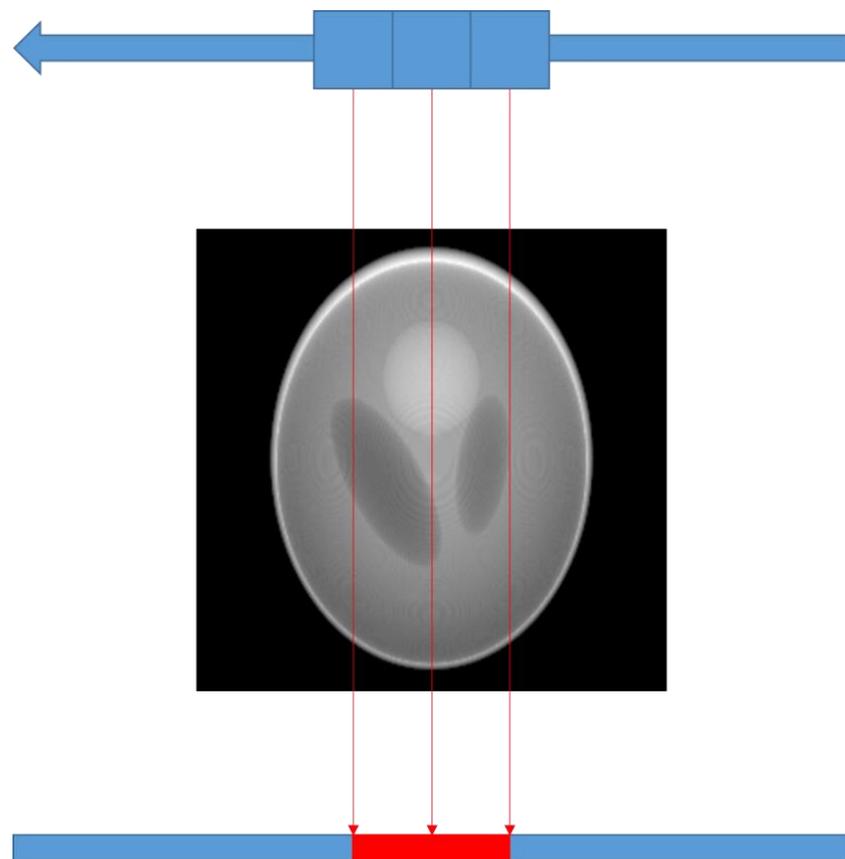
1. X線の走査範囲を限定する手法
2. X線源の軌道を複数取る手法

X線の走査範囲を限定する手法

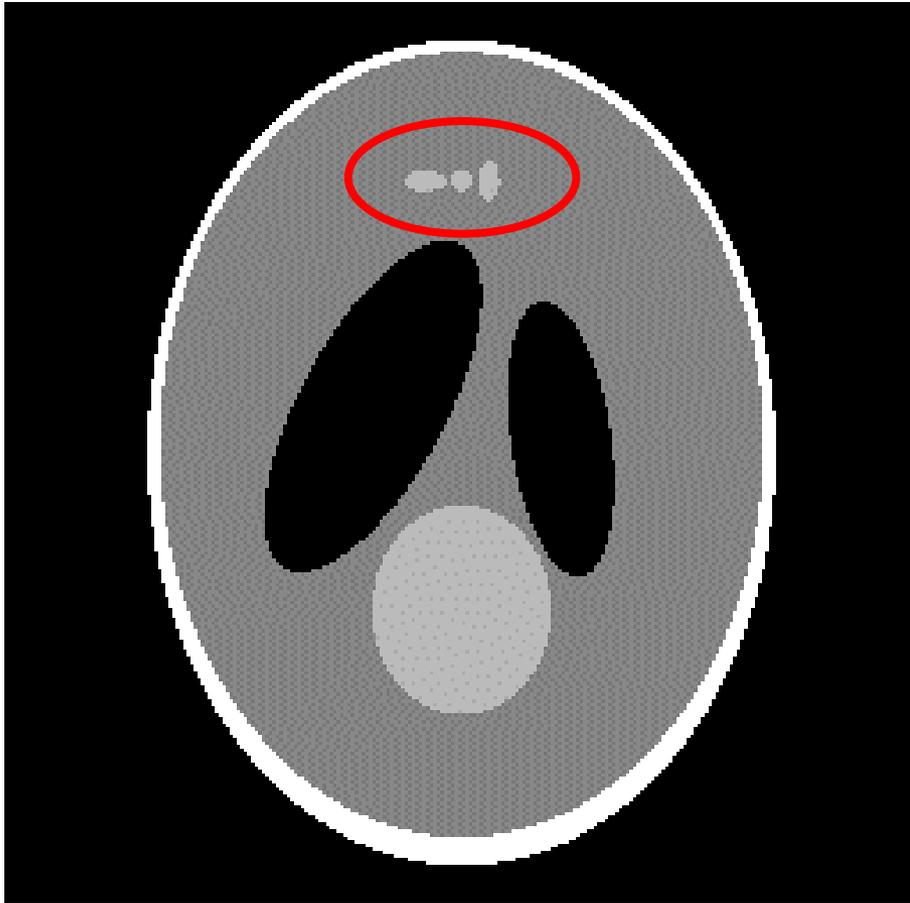
X線の走査範囲：広



X線の走査範囲：狭



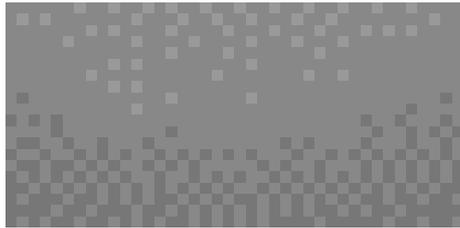
X線の走査範囲を 限定する手法の検証



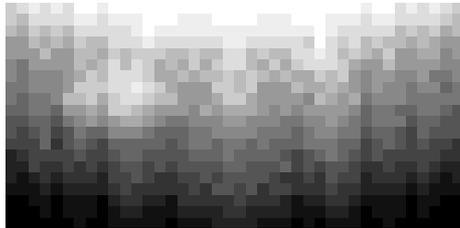
3つの小楕円部の抽出
($x = 110 \sim 139$,
 $y = 40 \sim 59$)

X線の走査範囲を 限定する手法の結果

通常の特モシンセシス画像



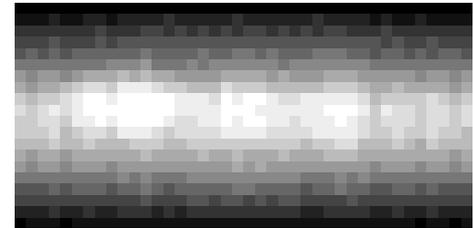
ヒストグラム調整



提案手法で生成した
特モシンセシス画像



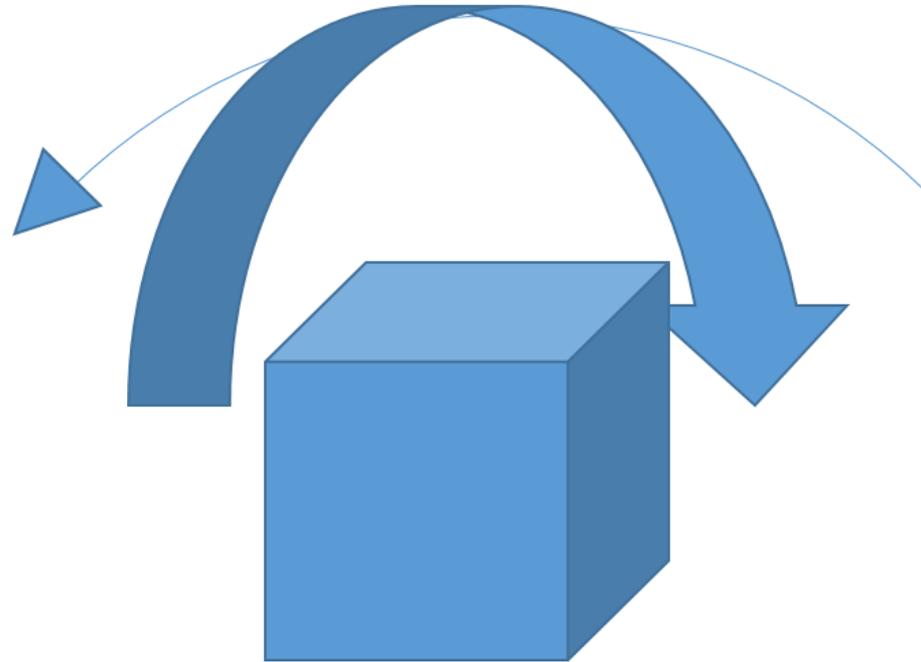
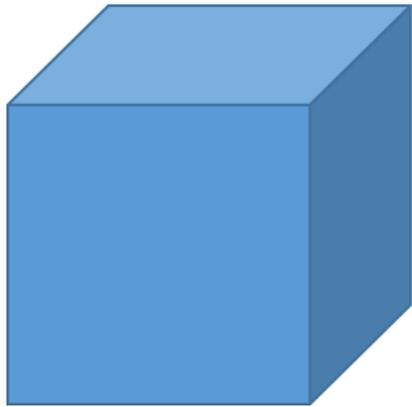
ヒストグラム調整



X線源の軌道を複数取る手法

X線源の軌道: 1方向
80° ~ 100° を
1° 間隔で投影

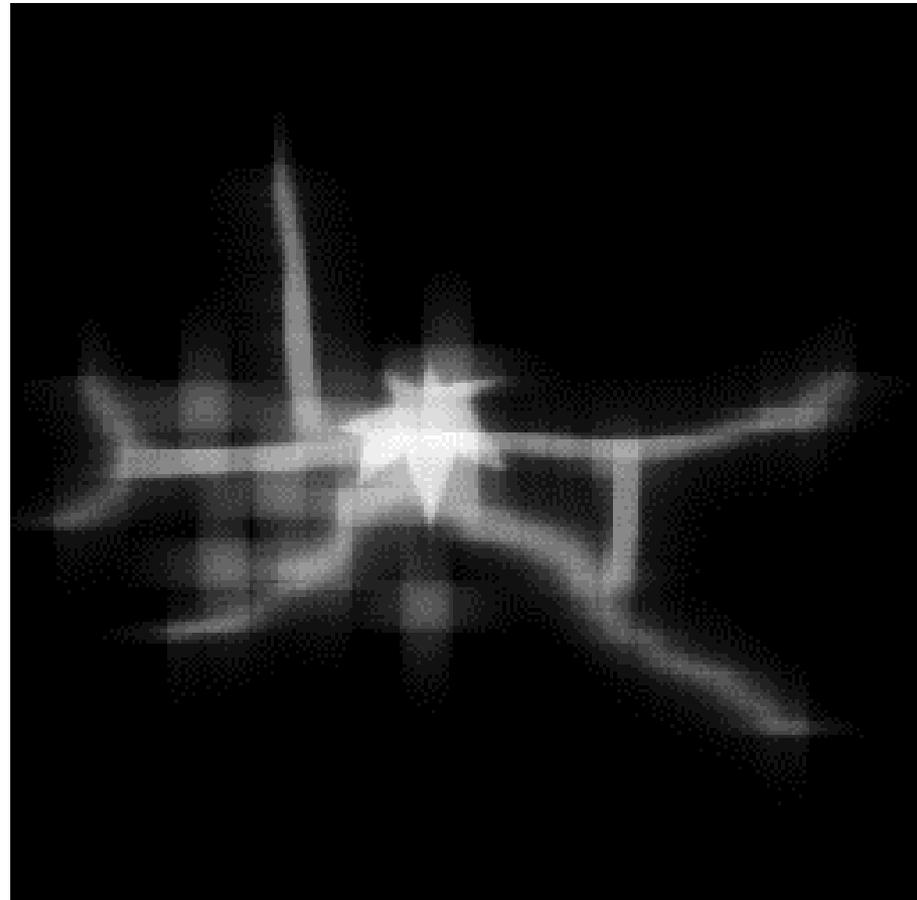
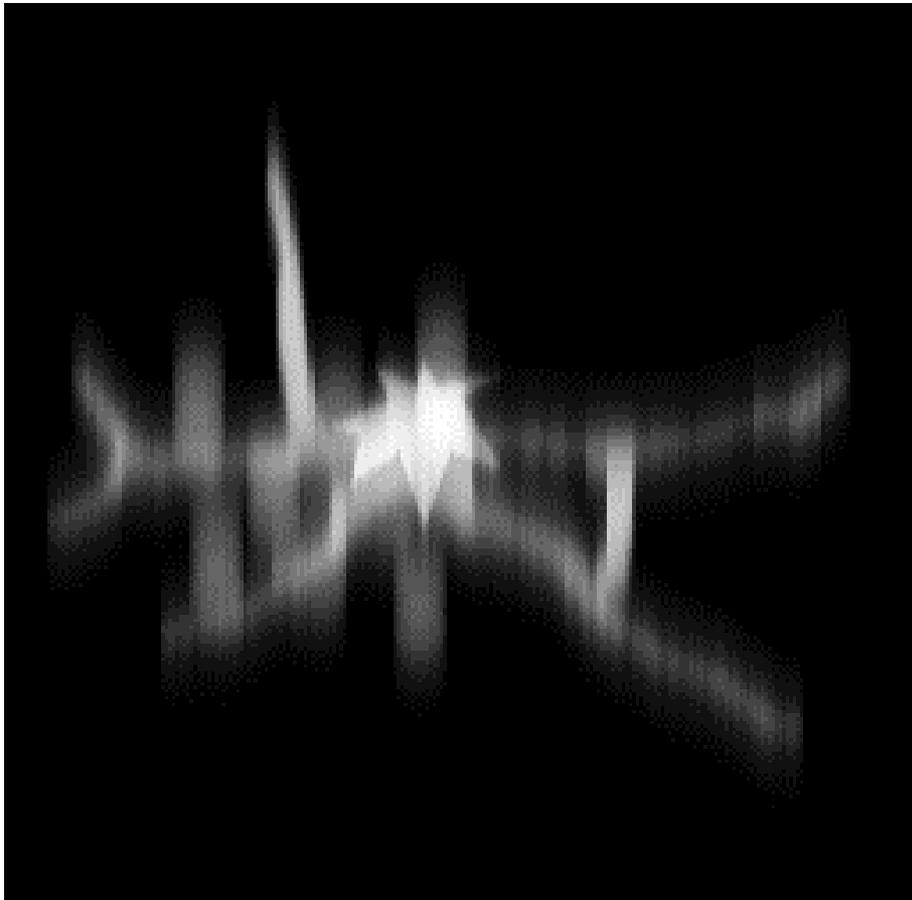
X線源の軌道: 2方向
それぞれ80° ~ 100° を
2° 間隔で投影



X線源の軌道を 複数取る手法の結果

1方向の軌道

2方向の軌道

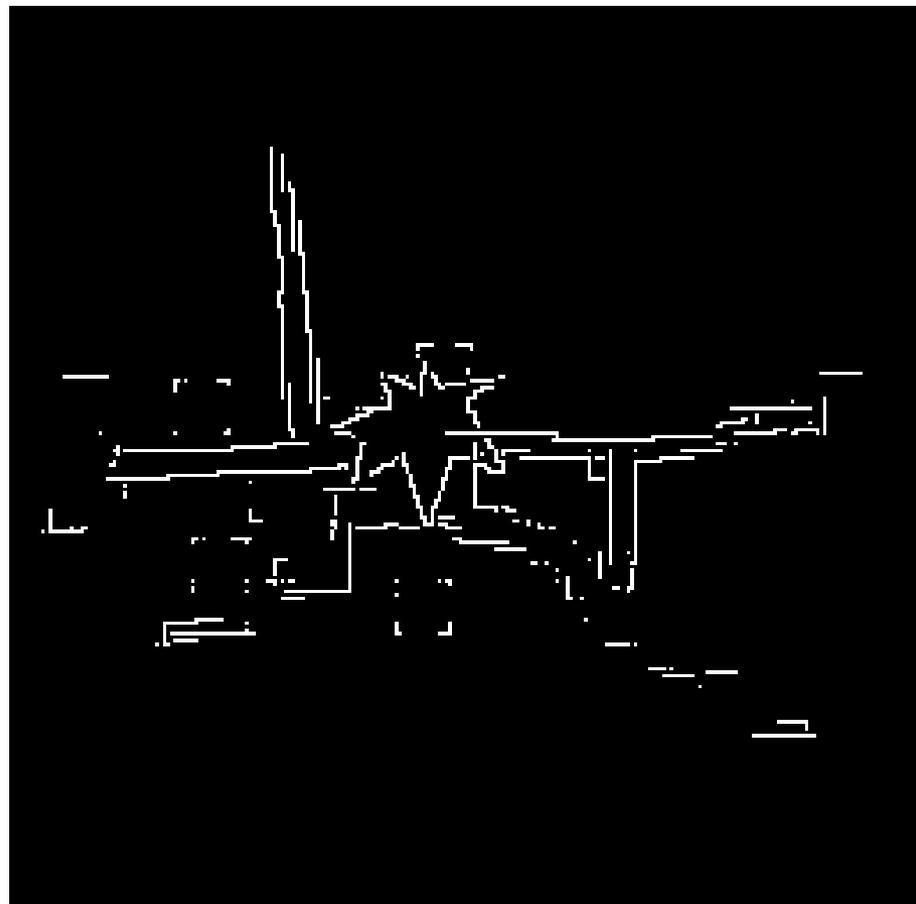
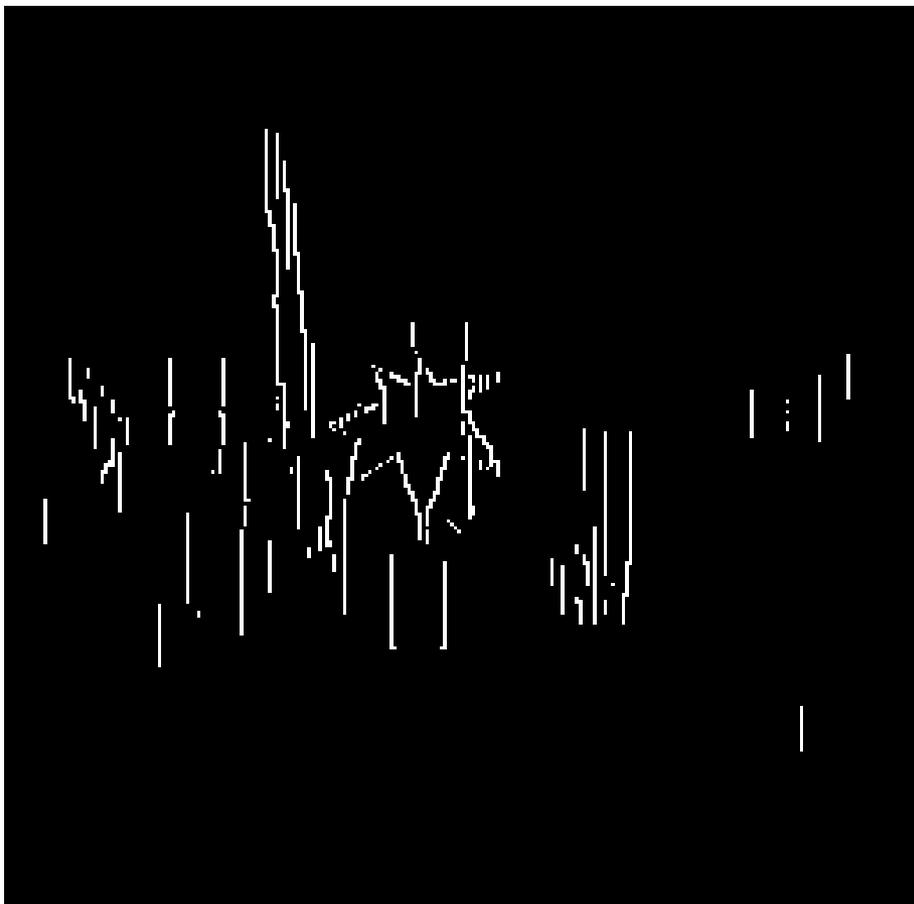


X線源の軌道を 複数取る手法の評価

2つのトモシンセシス画像のエッジを抽出

1方向の軌道

2方向の軌道



結論

- 投影角度が少ない状態では、
トモシンセシスが優れている
- X線源の軌道を複数取る手法は、
若干ではあるが、明確な成果が得られた
- X線の走査範囲を限定する手法は、
通常のとモシンセシス画像より低画質化した

課題

- X線の走査範囲を限定する手法の効果が見られなかった
- X線CTで有効なFBP法ができなかった
- これらの改善の目処が付いているので、発表後もシミュレーションプログラムを改善する

ご静聴ありがとうございました！