

シングルピンホールを用いた3次元画像のモンテカルロシミュレーション

法政大学理工学部 応用情報工学科 4 年 16X3128 馬場俊弥

2019 年 6 月 30 日

1 はじめに

SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) とは放射性同位元素 (RI: Radio Isotope) を用いた放射性医薬品を体内に投与することによって, 放射性医薬品から出る微量な放射線 (γ 線) をさまざまな方向から測定し, 断層画像にする方法である.

SPECT による測定において, γ 線を収集する方向を一定にするために, コリメータと呼ばれる装置を用いる. コリメータにはシングルピンホールコリメータ, マルチピンホールコリメータ, パラレルホールコリメータなどがある. コリメータのピンホールは本来円形をしているが, ピンホールの形を矩形にした, マルチ矩形ピンホール SPECT の開発を研究テーマとして研究を行なっている. この研究を進めるにあたり, 今回は, モンテカルロシミュレーションを行うにあたり使用した感度補正, 吸収補正, そしてサンプル点補間の紹介, また, 通常のコリメータを用いて, シングルピンホールコリメータを用いた 3 次元画像のモンテカルロシミュレーションの結果を紹介する.

2 補正, 補間処理

2.1 感度補正

感度補正とはピンホールコリメータで検出する際に生じる検出感度の不均一を考慮したものである. 理想的な直線モデルを P_{ideal} , 感度分布を $P_{sensitivity}$ から感度法制フィルタ P_{filter} を作成

し, 投影データに掛け合わせることで補正を行う.

$$P_{filter} = \frac{P_{ideal}}{P_{sensitivity}}$$

2.2 吸収補正

光子が媒質と相互作用を起こすことによって, 理想的なカウントよりも減少してしまう. これを考慮するために吸収補正を行う. 吸収補正の式を以下に示す.

$$N' = N \exp(-\mu x)$$

N	発生光子数
N'	検出光子数
μ	線減衰係数
x	媒質中の移動距離

2.3 サンプル点補間

検出器のサンプル点から仮想的に伸ばす投影線が, 再構成空間上で通過しない箇所がある場合にアーチファクトが生じてしまう. これを防ぐために, 検出器のサンプル点を仮想的に増やす処理を行う.

3 3次元画像のモンテカルロシミュレーション

シミュレーションに使用した原画像を図1に、シミュレーション条件を表1に示す。

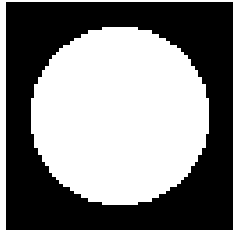


図1 原画像 ($64 \times 64 \times 64 \text{ voxel}$)

表1 シミュレーション条件

媒質	H_2O
発生光子数	200 万個/ voxel
初期エネルギー	140 KeV
投影数	180 投影
最大散乱回数	5 回
初期散乱角	ランダム
初期方位角	ランダム
検出器のサイズ	$512 \times 256 \times 180 \text{ voxel}$
検出器のピクセルサイズ	$0.08 \times 0.08 \text{ cm}^2$
カットオフエネルギー	30 KeV
画像サイズ	$64 \times 64 \times 64 \text{ voxel}$
画像のボクセルサイズ	$0.2 \times 0.2 \times 0.2 \text{ cm}^3$
球の半径	5 cm
回転半径	12 cm
コリメータと検出器間の距離	7.5 cm
ナイフエッジの角度	30 度
ピンホール径	0.2 cm

4 結果

primary 光子だけを検出した投影画像を図2に示す。

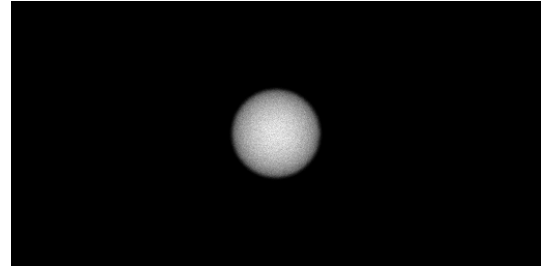


図2 投影画像 (primary 光子)

また、0 度のときの投影画像のプロファイルを図3に示す。

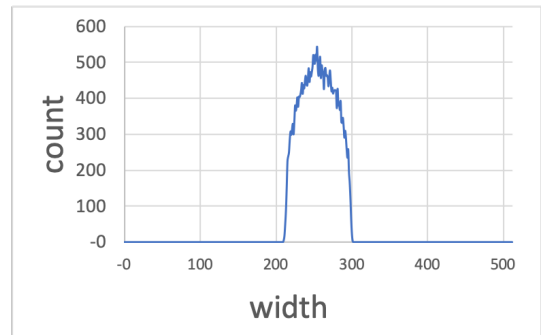


図3 0 度のときのプロファイル

次に、投影画像に感度補正をかけた画像の0 度のときの投影画像のプロファイルを図4に示す。

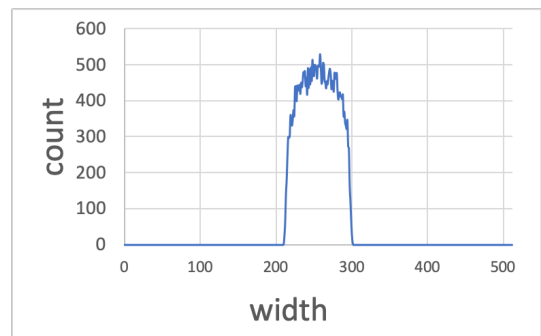


図4 感度補正後0 度のときのプロファイル

最後に, MLEM を 100 回行った再構成画像とそのプロファイルをそれぞれ図 5, 図 6 に示す.

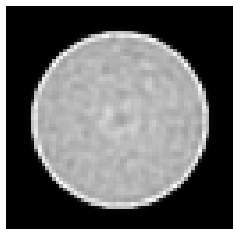


図 5 再構成画像 (MLEM50 回)

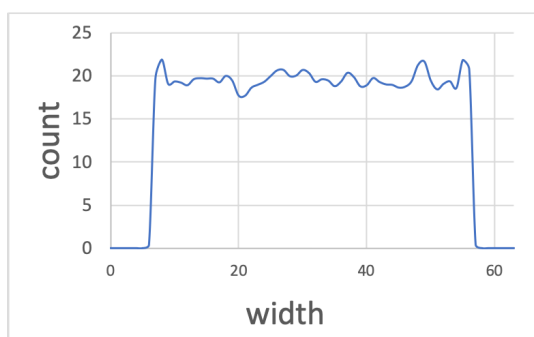


図 6 再構成画像のプロファイル

5 まとめと今後の展望

シングルピンホールを用いた 3 次元画像のモンテカルロシミュレーションを行うことができた. 今回は媒質を H_2O とした球画像でシミュレーションを行ったが, 今後は Shepp ファントムを用いて複数媒質でシミュレーションを行う. その後, マルチピンホールでモンテカルロシミュレーションを行う.