

†

第1章 多重クーロン散乱の補正方法の検討

前章で、被写体内部の WEL を高精度で取得可能であることを示した。本章では、被写体の端部分に生じる多重クーロン散乱の影響を補正し空間分解能を高める方法について、PHITS によるシミュレーションベースでの検討を行った。

1.1 実験装置の配置

実験装置の配置は、図 1.1 とした。被写体には直径 2cm の水を用いており、被写体とシンチレータを 5cm 離れたとき、多重クーロン散乱を考えない場合、考える場合でそれぞれシミュレーションを行う。得られる情報は、シンチレータにおける陽子線のエネルギー損失である。

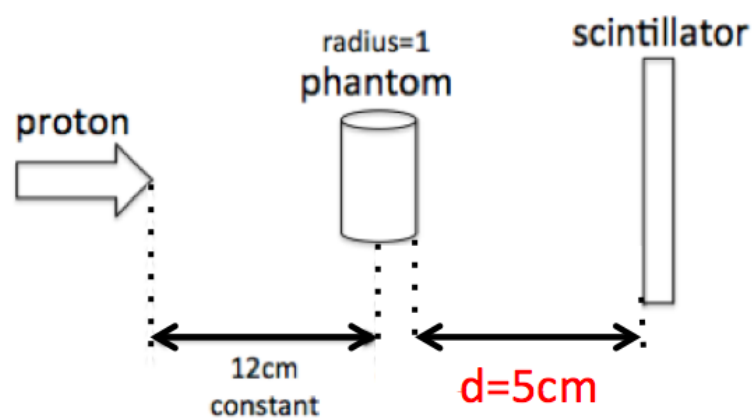


図 1.1 実験装置の配置の模式図

1.2 再構成画像

PHITS により得られた投影データを図 1.2 に示す。ただし、1bin は 0.25mm である。

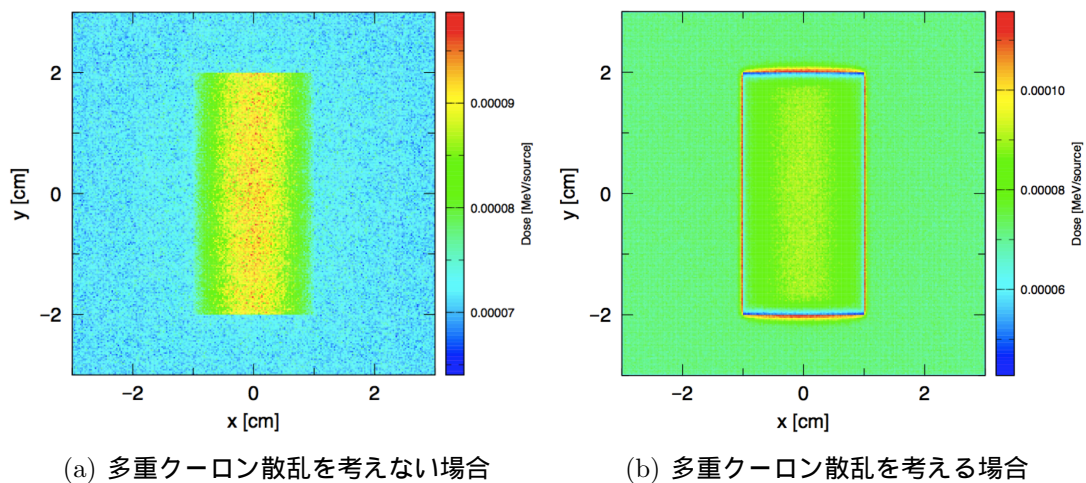


図 1.2 投影データ

サイノグラムは、投影データの $-1.5 \leq x \leq 1.5$ の範囲で $-1 \leq y \leq 1$ の平均を 120 列複製することで作成した。再構成結果を図 1.3 に、直径部分における 1 次元プロファイルの比較を図 1.4 に示す。ここで、黒線は多重クーロン散乱を考慮する場合、赤線は考慮しない場合の結果である。

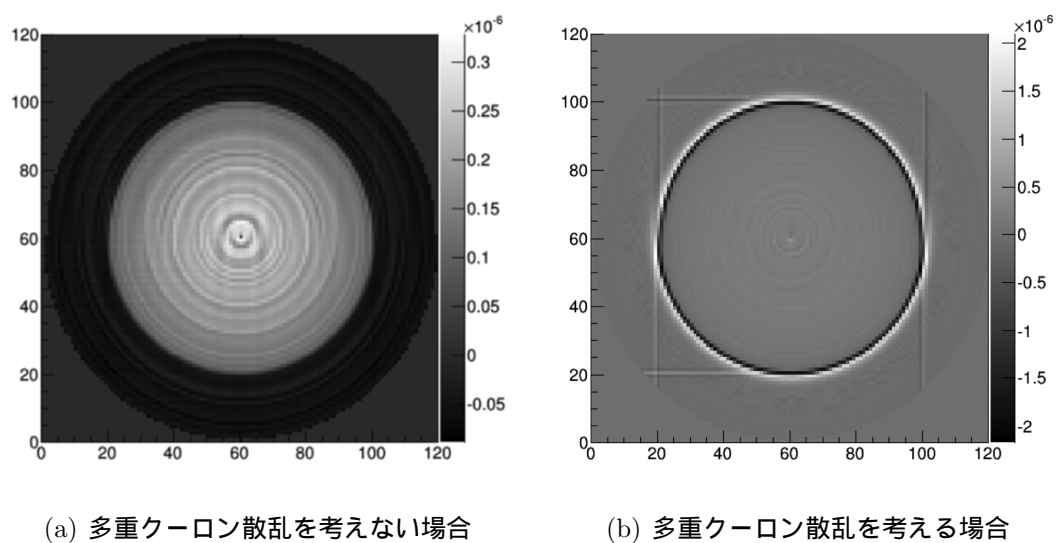


図 1.3 再構成画像

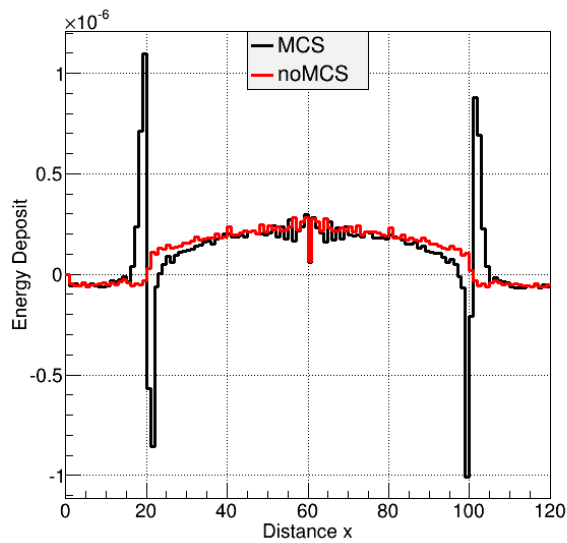
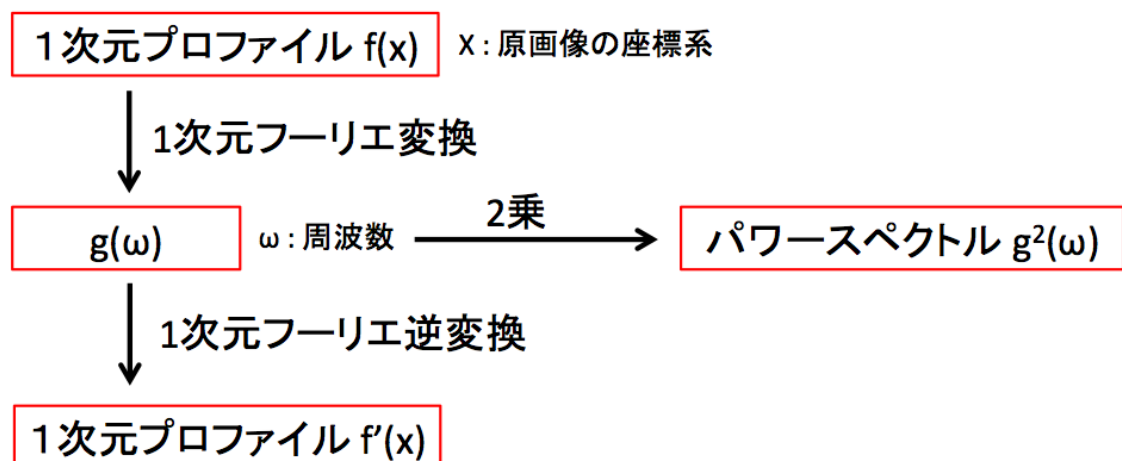


図 1.4 再構成画像の 1 次元プロファイルの比較

本章の目的は、図 1.4 の黒線における横軸 20、100 周囲に見られる落ち込みや立ち上がりといった多重クーロン散乱の影響を補正し、赤線に近づけることである。

1.3 散乱補正

1 次元プロファイルをフーリエ変換することにより周波数バンド幅毎のパワーを求めることを考える。1 次元プロファイルとパワースペクトルとの関係は、次図のように表される。



1.3.1 パワースペクトルの比較

初めに、フーリエ変換により周波数成分でのフィルタリングを行う。図 1.5 に、多重クーロン散乱を考えない場合と考える場合でのパワースペクトルの比較を示す。縦軸はパワースペクトル値を、横軸は周波数を表す。

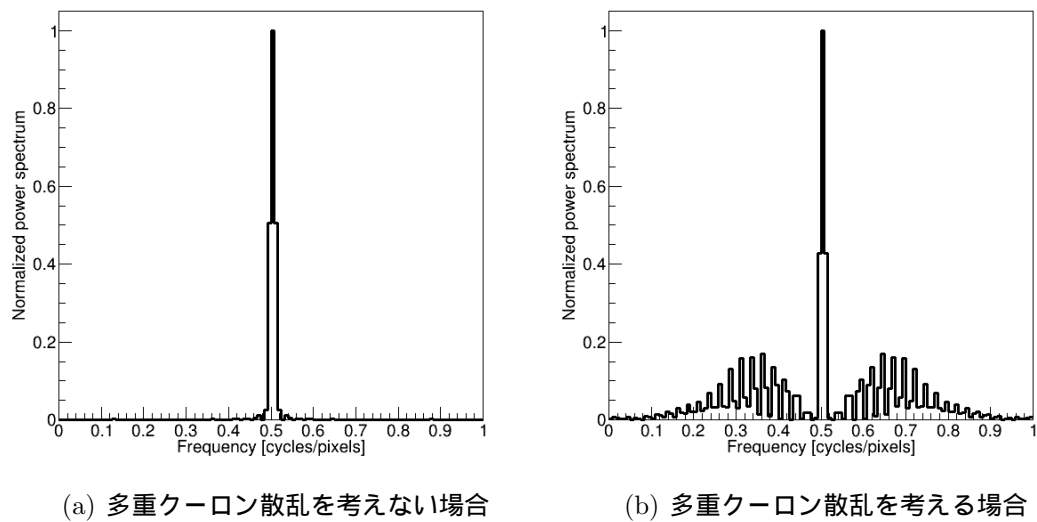


図 1.5 パワースペクトルの比較

これより、 $0 \leq \omega \leq 0.46$ 、 $0.54 \leq \omega \leq 1$ の領域がクーロン散乱の影響だと考えられるので、ステップ関数を用いて $0.46 \leq \omega \leq 0.54$ のみを残し他を切り取るフィルターをかけると、1次元プロファイルは図 1.6 となる。

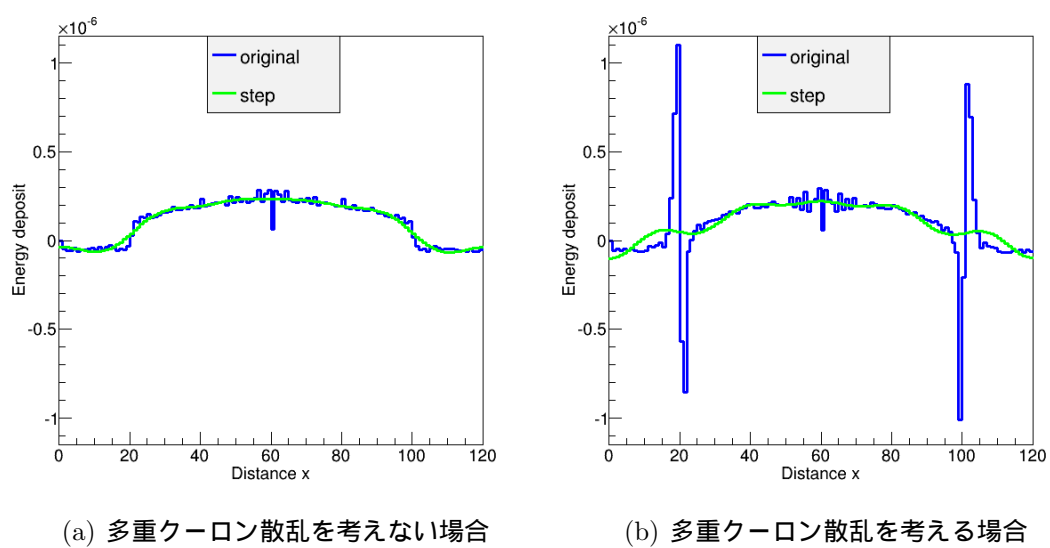


図 1.6 ステップ関数を用いたフィルター処理による 1 次元プロファイルの比較

特に多重クーロン散乱を考えた場合において、元データと大きく異なる結果となった。これは、ステップ関数によるフィルターによって必要な部分が切り取られたか、もしくは依然として不要な部分がふくまれることによる誤差である。したがって、ステップ関数で領域を切り取った後に、中央部のピークを次図 1.7 で示すようにガウス関数で近似することを考える。これより得られた 1 次元プロファイルが図 1.8 である。

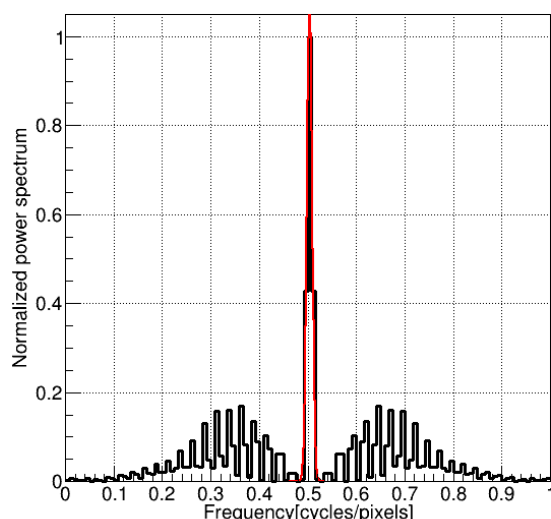


図 1.7 ガウス関数による近似

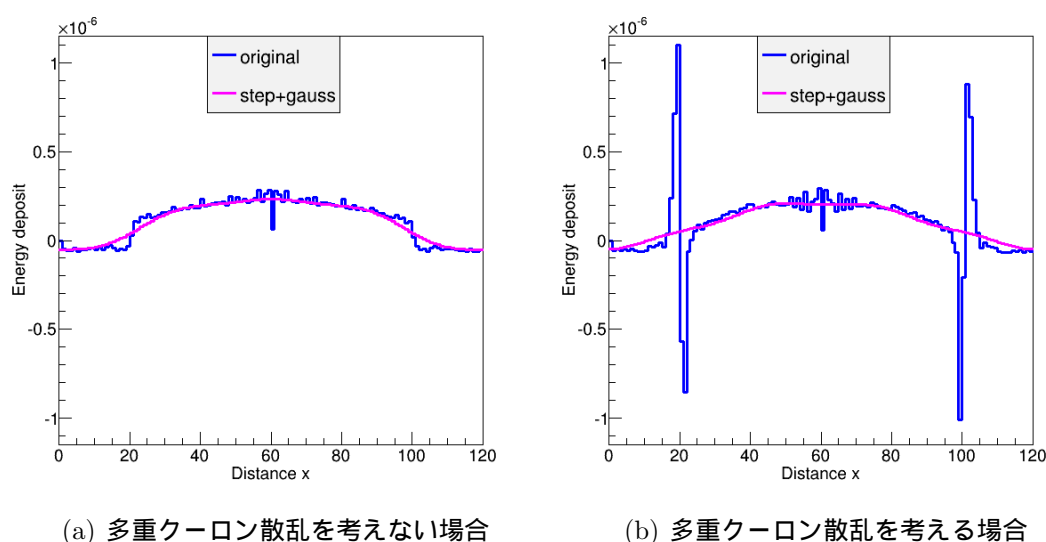


図 1.8 ステップ関数とガウス関数を用いたフィルター処理による 1 次元プロファイルの比較

フーリエ変換・逆変換後のデータ $f'(x)$ において、クーロン散乱を考える場合のフィルター補正有りデータ (図 1.8(b) マゼンダ線)、無しデータ (図 1.8(b) 青線) と、クーロン散

乱を考えない場合のフィルター補正無しデータ (図 1.8(a) 青線) の差を比較すると、図 1.9 のようになった。

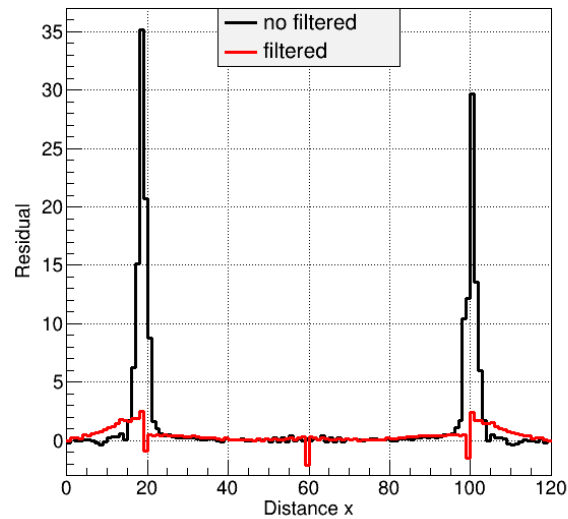


図 1.9 ガウス関数による近似

フィルター補正をしない場合 (黒線) の横軸 $x = 20, 100$ 周囲に見られる多重クーロン散乱の影響をかなり正確に補正出来たことが分かる。元データより被写体の大きさを求めることが出来るので、組み合わせて用いることで空間分解能の高い正確な CT 画像を得ることが可能であると考えられる。