

X線 CT 画像の空間分解能向上手法に関する研究

A Study of Space Resolution Improvement Method of X-ray CT Image

○ 学 今泉浩紀(信州大) 正 小関道彦(信州大) 正 森川裕久(信州大)

Hiroki IMAIZUMI, Michihiko KOSEKI, Hirohisa MORIKAWA
Shinshu University, 3-15-1, Tokida, Ueda, Nagano, JAPAN

Key Words: X-ray CT, Space resolution, Reconstructed image, Normalized mean squared error

1. はじめに

X線 CT 装置とは X 線発生源と X 線検出器の間に被写体を置き、周囲から X 線を照射することによって得られる投影データから断層画像を再構成する装置である。ここで、被写体が X 線発生源に近いほど画像拡大率は上がり、鮮明な画像が得られる。しかし、被写体が大きくなると回転半径が大きくなり、空間分解能が低くなってしまいう問題がある。そこで、本研究では物体の大きさに依存することなく、空間分解能の高い画像が得られる X 線 CT 装置の撮影法について検討する。

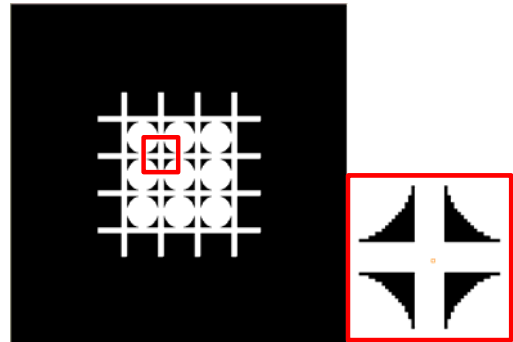
2. 空間分解能向上のための基礎実験

X 線 CT 画像の空間分解能を向上するためには、X 線検出器の数を増やすことが効果的であると考えられる。そこで、このことを確認するため、数値シミュレーションにより検出器数と画像の関係について検討を行った。

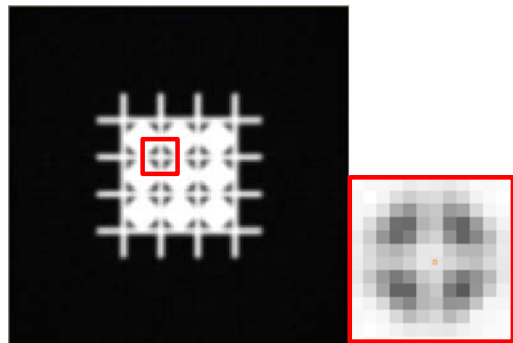
X 線 CT 装置では多数の X 線受光素子が一列あるいは平面に並んだセンサを X 線検出器として用いている。数値シミュレーションでは、X 線 CT 装置の検出器数として一般的な 512 の場合と、それより多い 1024 の場合について数値ファントムの仮想投影を行い、画像再構成を試みた。結果を図 1 に示す。検出器数が 512 の場合に比べて、1024 の場合の方が鮮明な画像となっており、検出器数を増やすことによって空間分解能が向上することを定性的に確認することができる。

3. 画像評価手法の確立

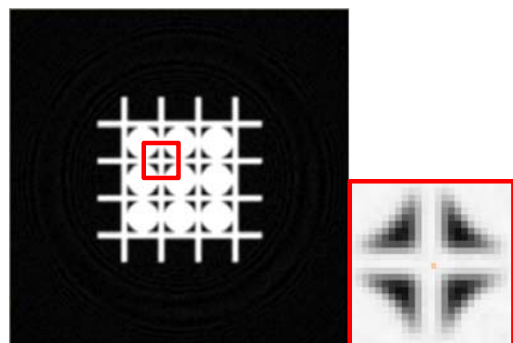
検出器数を増やすことは、各 X 線受光素子の面積が小さくなることを意味し、結果として CT 画像の画素値が変化する。なお、図 1 ではグレースケールを手作業によって操作して同等に見られるように調節している。このため、このままでは図 1 に示した結果を定量的に比較することができない。そこで、異なる検出器数の再構成画像でも視覚的な差が少ないことに着目した画像の定量評価手法を提案する。これは、再構成画像の画素値について、その頻度のヒストグラム表示が検出器数が異なっても同じ特徴を示すことを利用するものである。図 1 に示した画像について画素値のヒストグラムを図 2 に示す。これらより、異なる検出器数の再構成画像でもヒストグラムが同じ特徴を示すことがわかる。



(a) Original image.



(b) Number of detectors: 512.



(c) Number of detectors: 1024.

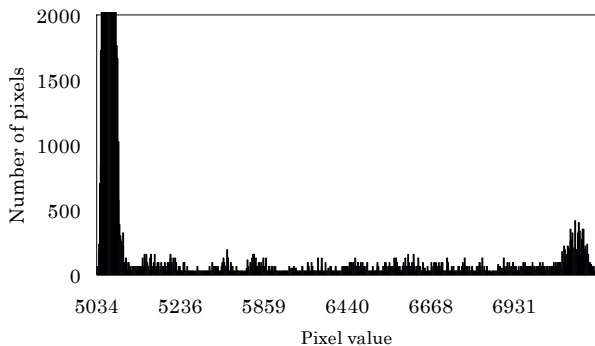
Fig.1 Reconstructed images.

次に、ヒストグラムの左の山の頂点を 0、右の山の頂点を 100 となるように再構成画像の画素値を換算する。そして、画素値を換算したそれぞれの再構成画像に対し、次式で定義される NMSE (正規化平均 2 乗誤差, normalized mean squared error) で評価する。

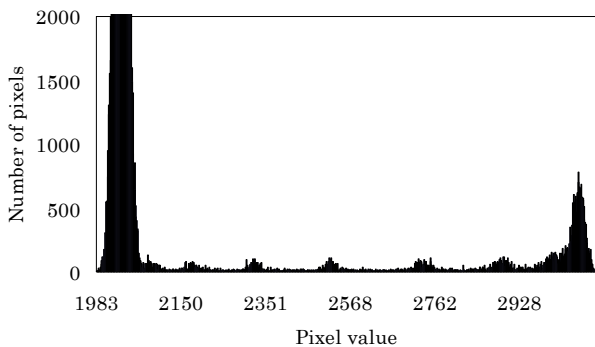
$$NMSE = \frac{\sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y \{r(x, y) - o(x, y)\}^2}{\sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y o(x, y)^2} \quad (1)$$

X : 画像の横サイズ
 Y : 画像の縦サイズ
 r : 再構成画像の CT 値
 o : 原画像の CT 値

結果は、検出器数 512 では 0.042, 検出器数 1024 では 0.021 となった. すなわち, 検出器数を増やすことによって NMSE の値が小さくなっており, 再構成画像の空間分解能が向上していることが定量的に確認された.



(a) The case of 512 detectors.



(b) The case of 1024 detectors.

Fig.2 Histogram of pixel values.

4. 検出器数増加手法

検出器数を増やすことにより再構成画像の空間分解能が向上することがわかったが, 検出器数を増やすほど装置が大型化し, 高コストとなるため, ハードウェアで解決することには限界がある. そこで, 空間分解能の高い画像を取得するための方法として, 図 3 に示すように検出器を移動させながら複数回の撮影を行う方法を提案する. これは, 検出器ピッチの 1/2 の距離を移動して 2 回撮影したデータを合成することにより, 検出器数を仮想的に 2 倍に増やす方法である.

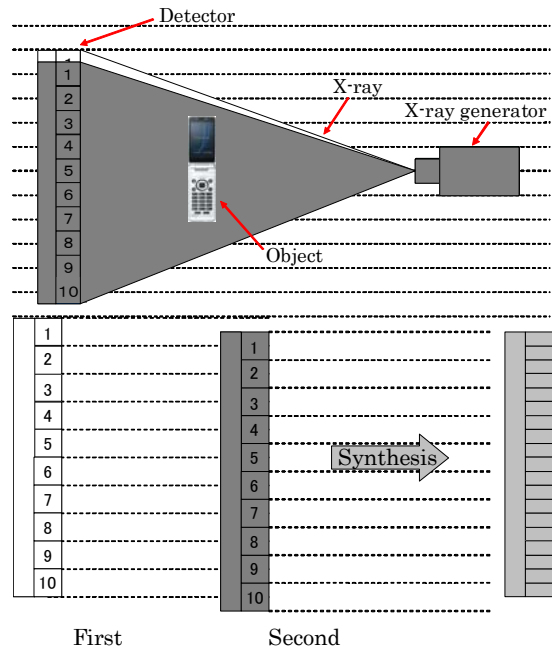


Fig.3 Proposed method.

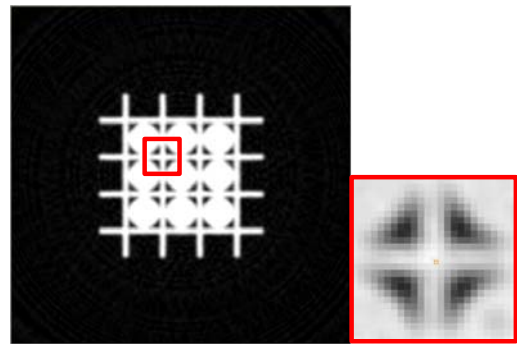


Fig.4 Reconstructed images using proposed method.

この方法を適用し, 図 1(a)に示した数値ファントムに対し, 検出器数 512 の検出器をずらして 2 回の撮影を行い, それを合成して仮想的に検出器を 1024 に増やした状態について数値シミュレーションを実施した. 数値シミュレーション結果を図 4 に示す. 図 4 の再構成画像の原画像に対する NMSE は 0.023 となった. 検出器数 512, 1024 で通常の撮影を行った再構成画像の NMSE はそれぞれ 0.042, 0.021 であるため, ハードウェアとして検出器数が 512 と少なくても, 提案手法を用いることにより検出器数 1024 で撮影した画像と同等の空間分解能を得られることを確認した.

5. まとめ

X 線 CT 画像の空間分解能が CT 装置内の X 線検出器の数に依存し, 画質に影響を与えることを定性的・定量的に評価した. そして, 少ない検出器であってもより高い分解能を得るための方法として検出器を移動させながら複数回の撮影を行う方法を提案した. 今後, 実際の X 線 CT 装置を使用してこの提案手法による撮影を行い, 数値シミュレーションの結果と比較し考察する予定である.