

X線CT画像に基づく個別別有限要素モデリング (金属アーチファクト低減を目的とした画像再構成アルゴリズムの提案)

Individual Finite Element Model Based on the X-ray CT Data (Image Reconstruction Algorithm to reduce Metal Artifact)

○ 橋本 周平 (東工大) 正 小関 道彦 (東工大)
正 木村 仁 (東工大) 正 伊能 教夫 (東工大)

Shuhei HASHIMOTO, Michihiko KOSEKI, Hitosi KIMURA and Norio INOU
Tokyo Institute of Technology, O-okayama, Meguro-ku, Tokyo

Key Words: X-ray CT, Image reconstruction, Metal artifact

1. 緒言

X線CTやMRIなどのマルチスライス画像から3次元力学解析モデルを構築する際に、スライス画像から対象物の形状が正確に抽出され、その画像データが対象物の物性を適切に反映していることが重要である。この条件が満たされれば、骨体を対象としてモデル化を行う場合、モデル各要素のヤング率はCT値をもとに算出可能となる。しかし、生体内に金属製のインプラントが存在する場合、CT画像に金属アーチファクトと呼ばれる放射状のノイズが生じ、解析対象である骨体の抽出や正確な物性値の把握が困難になる。

そこで、本稿では金属アーチファクトの低減をX線CTの画像再構成の過程で行うことを目的とした再構成アルゴリズムを提案する。

2. 金属アーチファクトの低減手法

X線CT画像における金属アーチファクトは、生体組織と金属のX線吸収係数との間に大きな差があるために、画像再構成時に誤差が生じ、金属周辺部に影響を及ぼす。これが金属アーチファクトである。したがって、金属を通過した箇所の投影データを改変し、画像再構成時に生じる誤差を減少させることができれば、金属アーチファクト低減が期待できる。以下に、具体的な手順について述べる。

2.1 投影データの改変

撮影時に得た投影データをそのまま再構成に使用すると金属アーチファクトが発生してしまうので、低減アルゴリズムでは以下に示す手順で投影データの改変を行う。

- I 投影データの中で金属を通過したと考えられる部分を判別する。
- II Iで金属を通過した部分を0に置換し、バックプロジェクション(逆投影)を行う。
- III IIで作成された画像で画素値が0以外の画素をマスク処理することで金属形状を抽出する。
- IV 修正後の金属抽出画像(金属画素値=軟組織

の最大値の2~3倍、その他の画素値=0に設定)をフォワードプロジェクション(順投影)して、投影データを作成する。

V 測定投影データの中で金属通過部分を線形補間し、IVで作成した投影データと合成する。

このように改変した投影データを用いて一般的な画像再構成手法であるFBP法で、断層画像を作成する。

2.2 精度向上アルゴリズム

2.1に示したIからVの手順で投影データの改変を行うが、この改変後の投影データも金属部分に高い画素値を入れており、このままFBP法で再構成するだけでは多少のアーチファクトが残ると考えられる。そこで、図1に示す精度向上アルゴリズムを考案した。これはFBP法を利用した逐次近似的アルゴリズムを構成しており、繰り返し適用することで補正後の投影データに対し、より忠実な再構成画像に更新される。

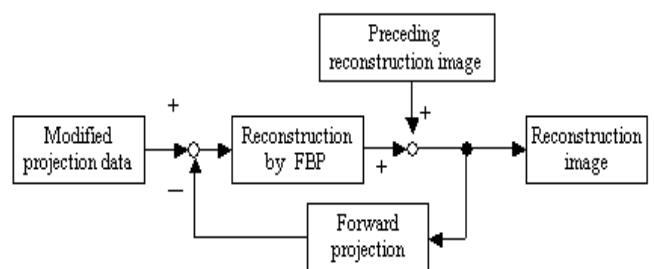


Fig.1: Block diagram of accuracy improvement algorithm

3. 提案手法の評価

以上に述べた手法の有効性を検証するため、図2に示すCT撮影サンプルを作成した。このサンプルは、臼歯の冠歯を模擬しており、アクリル円柱に2本のステンレス棒を埋めた形状となっている。このサンプルをマイクロX線CTで撮影し、投影データを用いて今回提案した画像再構成アルゴリズムの有効性を検証した。

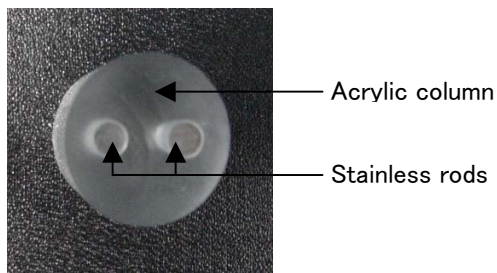
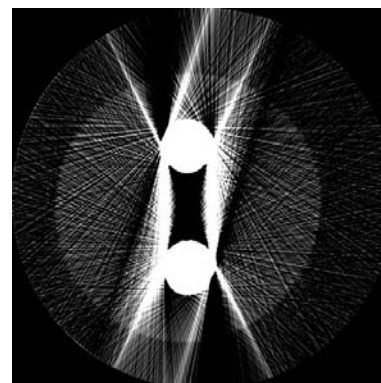
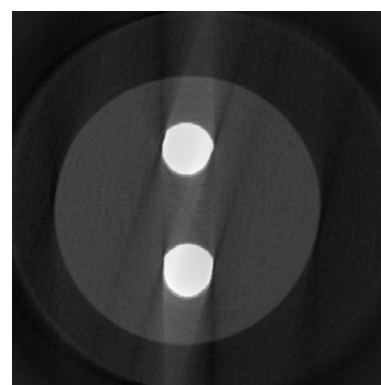


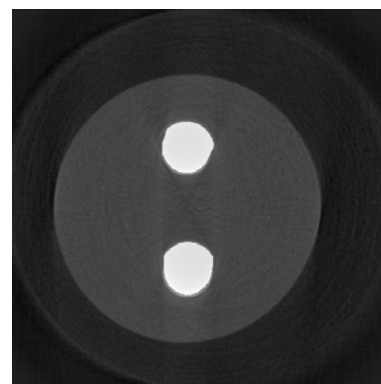
Fig.2: Sample for CT



(a)FBP method



(b)FBP method after correcting projection data



(c)Accuracy improvement algorithm (iteration number = 10)

Fig.3: Reconstructed Images

図3にCT撮影により取得した投影データから再構成した画像を示す。(a)は従来手法であるFBP法を利用したもの、(b)は2.1に示した手法により改変した投影データをもとに再構成したもの、(c)は(b)の結果に対し精度向上アルゴリズムを10回適用したものである。

これらの再構成画像の画質を定量的に評価するために、改変した投影データ P_{mod} と、各再構成画像から計算機上で作成した投影データ P_{calc} との誤差MSEを式(1)で定義する。

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^{Np \times Nd} (P_{mod}[i] - P_{calc}[i])^2}{Np \times Nd} \quad (1)$$

ここで、 Np は投影方向数、 Nd は検出器の個数である。本定義に従えば、図3に示した従来手法により再構成した画像の場合 $MSE = 0.1237$ となる。

図4に精度向上アルゴリズムにおける繰り返し数とMSEの算出結果を示す。提案する精度向上アルゴリズムにより、誤差が漸近的に減少していることがわかる。

4. 結言

生体内に金属製のインプラントを埋めた状態を模擬したサンプルをCT撮影し、画像再構成時に適用する本アルゴリズムのメタルアーチファクト低減に対する効果を評価した。

メタルアーチファクト低減アルゴリズムを用いて、投影データを補正する前後でFBP法による再構成画像を比較すると明らかな低減効果が得られることを示した。また、更に精度向上アルゴリズムを適用することで、残存していたアーチファクトをかなり低減できることを示した。

本稿で用いたCT撮影用サンプルは、金属以外の物質構成が1種類である。金属形状や金属以外の物質構成がより複雑な対象物の場合、本アルゴリズムにおける補間の影響などが無視できなくなる可能性もある。今後は、より実際に則したサンプルに適用し、アルゴリズムの有効性の検証を進めたい。

参考文献

- 1) 斎藤恒雄：画像処理アルゴリズム，近代科学社(1993)
- 2) 今里悠一・大橋昭南：医用画像処理，昭晃堂(1993)

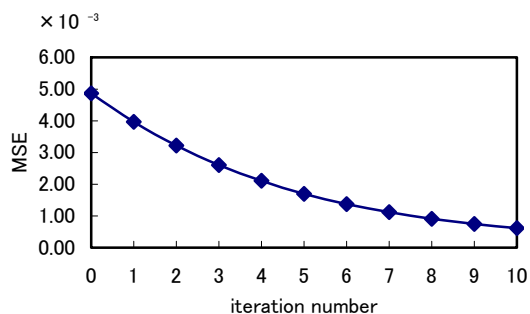


Fig.4: Error evaluation