

# コーンビーム型 X 線 CT 画像に対する画質改善処理

孫氷玉 (Sun Bing-Yu) \* 董建 (Dong Jian) † 張昕源 (Zhang Xin-Yuan) 早川吉彦  
(北見工業大学大学院情報システム工学専攻、医療工学専攻) †

## 1 はじめに

コーンビーム (Cone Beam) 型 X 線 CT (Computed Tomography) 撮影装置 (CBCT) は、21 世紀になってから歯科医院と放射線治療施設に普及している。歯科医療では、口腔外科の疾患だけでなく、インプラント術や歯科矯正のための診査、歯根破折、歯内療法のための根管形態の診査、歯周病検査などのための画像診断に使用されている。

日本を含む先進諸国では、患者への被ばく線量を最適化するための撮影プロトコルが普及している。Sagawa, M.らは、3次元のガウシアンラプラシアンフィルタの応用で画質改善を図った[1]。特に、Multiplanar Reconstruction (MPR) Method の正中矢状断における解剖学的構造物の明瞭化を示した。

一方、Kondo, A.や Dong, J.らは、歯顎顔面・口腔領域の X 線撮影で避けられない金属アーチファクト (metal-induced streak artifact) を軽減する研究を行った[2-5]。これは、MDCT (Multi-Detectors-Row Computed Tomography) 装置による画像に対して示された。この研究は、歯顎顔面・口腔領域において、他のどの部位よりも薄いスライス厚さという設定で CT 撮影が行われているという特徴を利用し、統計的画像再構成法を応用したものである。

高原子番号物質である金属の X 線吸収が大きいので、通常の画像再構成法、Filtered Back Projection ではアーチファクトの出現が避けられない。CBCT では MDCT よりその出現は弱いですが、今回は、MDCT で示された方法を CBCT に応用して、アーチファクトの軽減を図った。

## 2 材料と方法

使用した CBCT 画像は、CB Throne (日立メディコ) で撮影されたものである[1]。主要な撮影のパラメータは、I-mode, FOV の直径 10cm, 管電圧 120kV, 管電流 15mA, スライス厚さ 0.2mm, 照射時間 10sec であった。作成される画像は、等方的ボクセル (サイズ: 0.2mm x 0.2mm x 0.2mm) からなり、画素数は 512 x 512 x 512 となる。

これまでに、Kondo, A.や Dong, J.らは、MDCT の画像

に対して、金属の存在によるストリーク上のアーチファクトを軽減する方法を提案した[2-5]。そのコンセプトは、隣接するスライスのプロジェクション・データ (サイノグラム) を利用するというものである。歯顎顔面・口腔領域は、臨床的に観察したい解剖学的構造が細かい (周波数が高い) ため、薄いスライスで CT 撮影されることが多い。したがって、金属アーチファクトが発生しているスライスに隣接して、極めて似た解剖学的構造を描出したスライスがアーチファクト・フリー状態で存在する。そこで、このインタクトな (intact) スライスのプロジェクション・データを利用して、逐次近似法 (iterative restoration) で近づけていくという方法を採用した。

今回は、MDCT における成果を利用し、次のように CBCT 画像に応用した。

- ・核医学診断法など多分野で応用されている逐次近似法として、ML-EM (Maximum Likelihood-Expectation Maximization) 法と OS-EM (Ordered Subsets-Expectation Maximization) を比較した結果、スライスあたりの計算時間を約 5 分の 1 (22%) に短縮できた。ML-EM 法では逐次近似回数を 50 回を最適とし、OS-EM 法ではサブセット数 8 と繰り返し回数 10 を最適とした。そこで、この設定による OS-EM 法をここでは採用した。
- ・インタクトなスライスのプロジェクション・データですぐ隣にあるスライスのアーチファクトを減らしたら、そのプロジェクション・データで、次に隣接するスライスのアーチファクト軽減を行うという処理を successive iterative restoration と名付けた[3-5]。今回もこの方法を採用した。
- ・計算時間短縮と不要な構造を再構成から除くために、small ROI (Region of Interest) を設定する方法が有効であることを既に示した[4]。今回も適宜これを採用した。
- ・GPGPU マシンと CUDA プログラミングによって計算時間が約 4 分の 1 になることを示した[5]。今回も必要に応じてこれを採用した。
- ・上顎部分の構造は from Head to Foot 方向で処理をし、下顎部分の構造は from Foot to Head 方向で処理するとよいことを既に示した[4]。今回も必要に応じてこれを採用した。

\*sunbingyu@126.com

北見市公園町 165 北見工業大学大学院情報システム工学専攻

これに加えて, Sagawa, M.らが示した画質改善処理[1, 6]として, 3次元のガウシアン-ラプラシアンフィルタを, アーチファクト軽減処理で得られた画像に働かせた. また, そのデータを使った3次元像の画質改善, 歯顎顔面部の薄い骨の描出能の向上を目指して領域拡張 (region growing) 法[6]を応用した.

### 3 結果

図1は, 強いアーチファクトのあるCBCT画像の例(左)とそのプロジェクション・データ(右)である.

図2と図3は, successiveなOS-EM法による処理を示した. 図2は連続的なスライス16枚で, これを処理したものが図3である. スライス厚さが1枚あたり0.2mmに過ぎないので, 連続した16枚でも3.2mmに過ぎない. しかしながら, 図2のように, 上から下へ, 徐々に強くなっている金属アーチファクトが, 図3では弱くなっている.

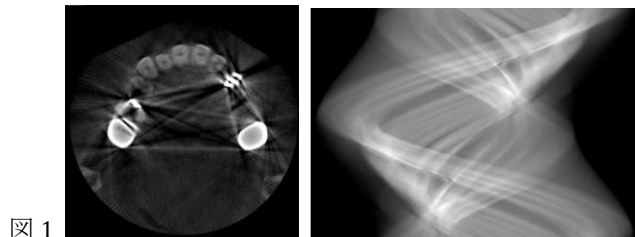


図1

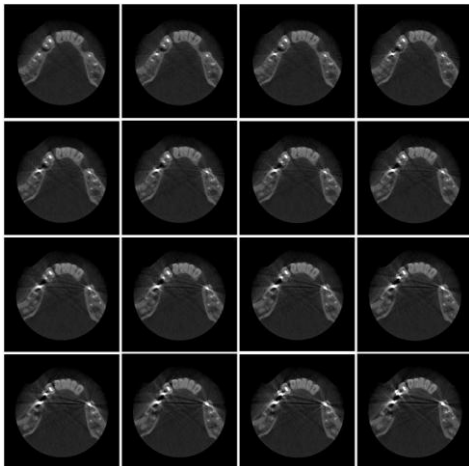


図2

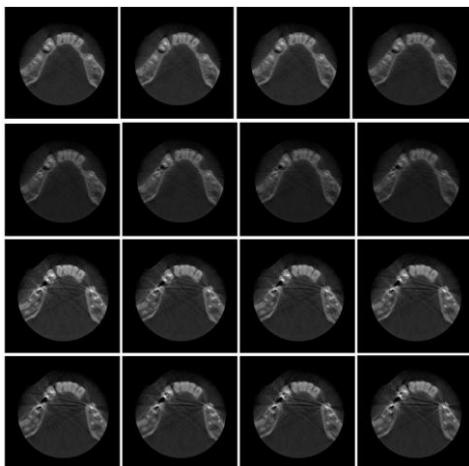


図3

なお, 3次元フィルタと領域拡張法による結果はポスターに示す.

### 4 まとめ

CBCTはMDCTに比較して, 非常に少ない線量で撮影されている. 薄いスライスでもあるのでノイズが多いという欠点がある. しかし, 金属アーチファクトはMDCTほど強くない. また, 金属に隣接した部分で, X線透過像(画像上の黒い部分)が強く出すぎているのかという懸念がある. 今後はこの減少の解明も行いたい.

### 参考文献

- [1] Sagawa M, Miyoseta Y, Hayakawa Y, Honda A. Comparison of two- and three-dimensional filtering methods to improve image quality in multiplanar reconstruction of cone-beam computed tomography. *Oral Radiology* Vol.25, No2:154-158, 2009.
- [2] Kondo A, Hayakawa Y, Dong J, Honda A. Iterative correction applied to streak artifact reduction in an X-ray computed tomography image of the dento-alveolar region. *Oral Radiology* Vol.26, No.1:61-65, 2010.
- [3] Dong J, Kondo A, Abe K, Hayakawa Y. Successive iterative restoration applied to streak artifact reduction in X-ray CT image of dento-alveolar region. *International Journal of Computer Assisted Radiology & Surgery* Vol.6, No.5, pp635-640, 2011.
- [4] Dong J, Hayakawa Y, Kannenberg S, Kober C. Metal-induced streak artifact reduction using iterative reconstruction algorithms in X-ray CT image of the dento-alveolar region. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology* Vol.115, No.2, pp.e63-e73, 2013.
- [5] Dong J, Hayakawa Y, Kober C. Statistical iterative reconstruction for streak artefact reduction when using multi-detector CT to image the dento-alveolar structures. *Dentomaxillofacial Radiology* Vol.43, No.5, 20130373, 2014.
- [6] 白鳥則郎監修, 大町真一郎, 陳謙, 大町方子, 宮田高道, 長谷川為春, 早川吉彦, 加瀬澤正, 塩入諭著, 未来へつなぐ デジタルシリーズ 28 巻, 画像処理, 第7章 特徴抽出, 第8章 画像認識, 共立出版, 2014年10月.