

# コーンビーム CT 画像における金属アーチファクト低減処理法の評価

福島県立医科大学附属病院 放射線部 ○長澤 陽介(Nagasawa Yosuke)

岡 善隆 高野 基信

## 【はじめに】

一般的にCTでは金属の周辺に金属アーチファクトが生じることが知られており、子宮頸癌等に対する金属アプリケーションを用いた画像誘導小線源治療時には、アプリケーション周辺に生じる金属アーチファクトによって臓器の輪郭描出が障害され得る。近年、CT・MRI用の非金属アプリケーションも市販化されているが、使用感や導入コスト等の問題から依然として金属アプリケーションを使用している施設も少なくない。また、金属アーチファクト低減処理(Metal Artifact Reduction:MAR)が実用化され、その有用性が多く報告されているが<sup>1)2)</sup>、当院で使用しているコーンビームCT(CBCT)には搭載されていない。そこで、われわれはIn-houseでCBCT用MARプログラムを作成した。このプログラムでは、撮影によって得られた投影データから金属領域を自動抽出し、金属部分とそれ以外の部分を別々に再構成し、重ね合わせることで金属アーチファクトを低減させた(Fig.1)。本研究では、MARプログラムによる再構成画像におけるアプリケーションの幾何学的正確性、およびアーチファクト低減効果の検証を目的とした。

## 【方法】

### 1.幾何学的正確性の評価

X線シミュレータ装置Simulix Revolution(Nucletron社)のCBCTモード(管電圧100kV、管電流16mA、360度収集)でファントムを撮影し、得られた投影データをMATLAB 2017b(MathWork社)で作成したMARプログラムを用いて、MARを施した画像(MAR(+)画像)とMARを施さない画像(MAR(-)画像)を得た。再構成条件は、FOV:46cm、マトリクスサイズ:512×512、スライス厚:3mm、画像枚数:67枚とした。ファントムには、水で浸した水槽中にタンデム1本、およびオボイド2本の金属製アプリケーション(Nucletron社)を固定したものをを用いた。

次にMATLABで別途に作成したプログラムを用いてMAR(-)画像、およびMAR(+)画像の水平断50枚におけるタンデム短軸の重心位置を算出した。タンデムのMAR(-)画像における重心座標を $R_0(x_0, y_0)$ 、MAR(+)画像における重心座標を $R(x, y)$ とすると、同一スライス面におけるタンデムの重心位置の変位 $\angle R(dx, dy)$ は、

$$dx = x - x_0 \quad , \quad dy = y - y_0$$

と表される。また、変位量 $d$ を次式で算出した。

$$d = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}$$

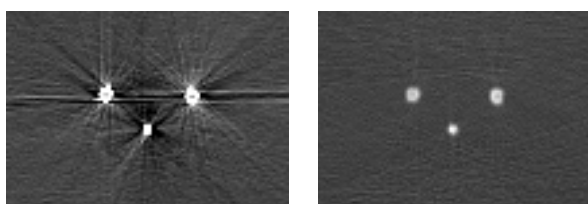
左右のオボイドでも同様に $\angle R$ 、および $d$ を求め、MARプログラムによる重心座標の変位を評価した。

### 2.アーチファクト低減効果の評価

方法1と同様に画像を取得し、MAR(-)画像およびMAR(+)画像、それぞれ20枚で次式を用いてArtifact Index(AI)値を算出し<sup>3)</sup>、paired-t testで有意差検定を行った( $p=0.01$ )。

$$AI = \sqrt{SD_{ROI}^2 - SD_{BG}^2}$$

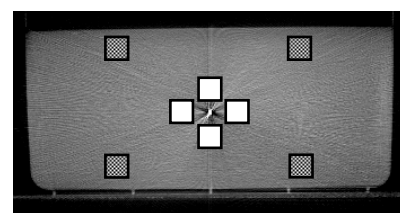
ここで $SD_{ROI}$ は画像内で顕著に金属アーチファクトが生じているアプリケーション近傍に設定した4つのROIの標準偏差の平均、 $SD_{BG}$ は画像内でアーチファクトの影響が少ない位置に設定した4つのROIの標準偏差の平均とする。ROIの大きさは10×10画素とし、位置はFig.2に示す。



(a) MARなし

(b) MARあり

Fig.1 MARによる金属アーチファクト低減



□  $SD_{ROI}$  算出用

■  $SD_{BG}$  算出用

Fig.2 AI値算出におけるROI設定位置

Table 1 アプリケータ重心位置の変位量 $d$  [mm]

アプリケータ	最大値	平均値±標準偏差
タンデム	0.52	0.15±0.12
オボイド(右)	0.33	0.13±0.09
オボイド(左)	0.52	0.15±0.09

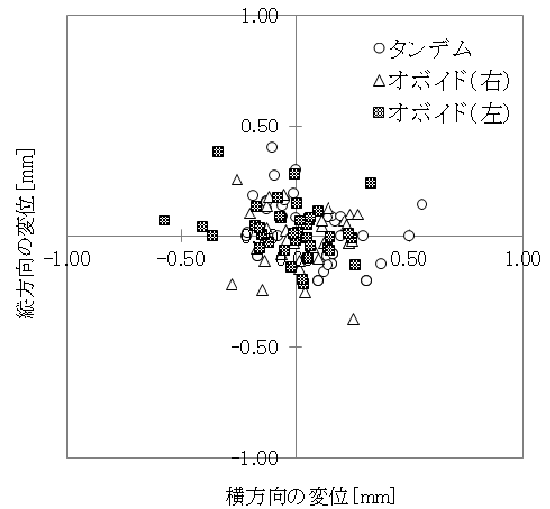


Fig.3 アプリケータ重心位置変位の分布

## 【結果】

### 1.幾何学的正確性の評価

同一スライス面における各アプリケータの重心座標の変位量 $d$ は、タンデムで $0.15 \pm 0.12$ mm、オボイド(右)で $0.13 \pm 0.09$ mm、オボイド(左)で $0.15 \pm 0.09$ mmとなった(Table 1)。また、 $\angle R$ の分布では、各アプリケータで全方位的に分布しており、システムチックな傾向は認められなかった(Fig.3)。

### 2.アーチファクト低減効果の評価

AI値は、MAR(-)画像では平均で $251.8 \pm 50.8$ であったのに対して、MAR(+)画像では $25.9 \pm 5.5$ となり、 $89.5 \pm 2.7\%$ の有意な改善が認められた( $p < 0.001$ )。

## 【考察】

幾何学的正確性の評価では、各アプリケータで重心位置の僅かな変位がみられ、最大で $0.52$ mm(0.58画素相当)であった。これは今回、解析用に作成したアプリケータ重心を算出するプログラムに大きく起因すると考えられる。このプログラムでは、設定しきい値以上の画素をアプリケータとして認識し、その重心を求めるように設計されている。そのためMAR(-)画像でしきい値以上の強度をもつアーチファクトが生じた場合、その高強度画素をアプリケータの一部として捉え、重心を算出するため、僅かな重心変位が生じたと考えられる。しかし、アプリケータの重心変位は画素サイズにも満たない僅かな変位量であること、および変位の方向にシステムチックな傾向は認められず、全方位的に分布したことを考慮すると、治療計画時にMAR(+)画像がアプリケータ再構成に及ぼす影響は小さいと考えられる。

アーチファクト低減効果の評価では、金属アーチファクトが有意に低減されていたことから、周辺臓器の輪郭描出能の向上が期待される。今回使用したファントムは均質な水であるため、今後、人体のような不均質な被写体においても有用であるか検討していきたい。

## 【結語】

In-houseのCBCT用MARプログラムによって再構成した画像において、アプリケータの幾何学的正確性、およびアーチファクト低減効果の評価した。MARプログラムを使用することで、アプリケータ形状に大きな歪みを発生させることなく、金属アーチファクトを有意に低減させることが可能であった。

## 【参考文献】

- 1) Hua Li, Camille Noel, Haijian Chen, et al. Clinical evaluation of a commercial orthopedic metal artifact reduction tool for CT simulations in radiation therapy. Med Phys. 2012 Vol.39(12) 7507-7517
- 2) Mehran Yazdia, Luc Gingras, Luc Beaulieu. An adaptive approach to metal artifact reduction in helical computed tomography for radiation therapy treatment planning: Experimental and clinical studies. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2005 Vol.62(4) 1224-1231
- 3) 坪井邦仁, 福永正明, 山本浩之. Computed tomographyにおけるcalibration field of viewやdisplay field of viewが及ぼす金属アーチファクト低減効果の影響. 日本放射線技術学会雑誌 2016 Vol.72(12) 1237-1244