
金属アーチファクト低減再構成技術における display field of view (DFOV) の影響について

久留米大学病院 中村 忍

この研究発表の内容に関する利益相反事項は、

あります

使用した模擬線源は、日本メジフィジックス株式会社から提供されたものである。

背景

近年、金属アーチファクト低減再構成技術を実装したCT装置が臨床で使用されており、この技術に関しては、整形外科領域や歯科口腔外科領域などさまざまな大きさの金属を対象とした金属アーチファクト低減効果の報告がある。

臨床検査では、検査目的に応じてさまざまなdisplay field of view(DFOV)が選択されるが、前立腺癌密封小線源治療のように密封小線源を体内に狭い範囲で多数配置した場合のDFOVの違いによる金属アーチファクトの低減効果について検討した報告は見当たらない。

目的

前立腺癌密封小線源治療で使用する密封小線源の金属アーチファクトを対象に、DFOVを変更した場合のorthopedic-metal artifact reduction (O-MAR) による低減効果について検討した。

使用機器

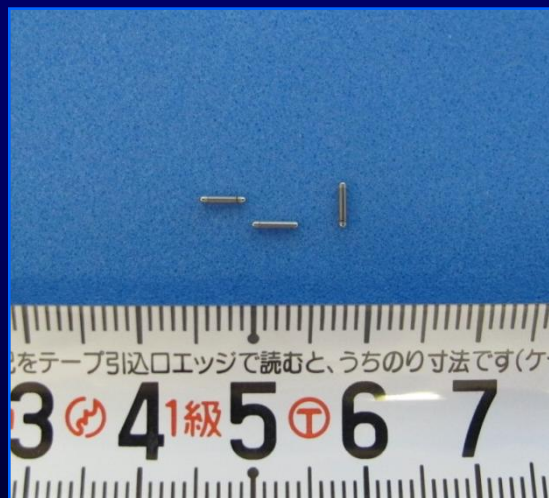
CT装置 : Brilliance iCT (Philips Healthcare)

Workstation EBW4.5 (Philips Healthcare)

ファントム : 模擬線源ファントム (自作)

X線ファントム (美和医療電機株式会社製, JIS Z 4915-1973)

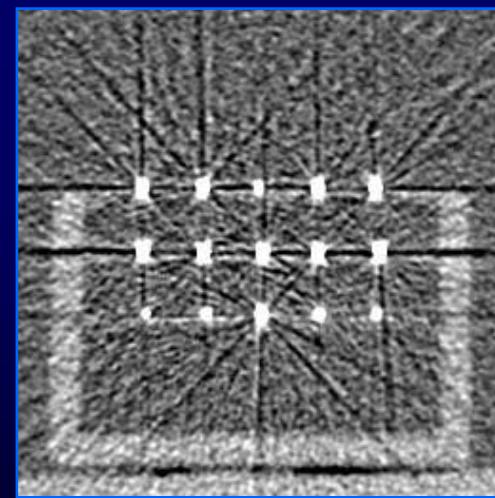
その他 : ImageJ, Excel



模擬線源
(0.97mm × 4.55mm)



模擬線源ファントム
(73本の模擬線源を使用)



Axial 画像

撮影プロトコル

<i>reconstruction algorithm</i>	FBP O-MAR
<i>collimation</i>	128 × 0.625
<i>focus size (mm)</i>	1.1 × 1.2 (large)
<i>reconstruction kernel type</i>	Standard
<i>slice thickness (mm)</i>	0.625
<i>display field of view (mm)</i>	80, 160, 320

方法

- **Gumbel法 (極値統計学)¹⁾**

- Gumbel plot

- Cumulative probability (累積確率)

- Scale parameter (γ)

- Gumbel分布のバラツキを示す

- Location parameter (β)

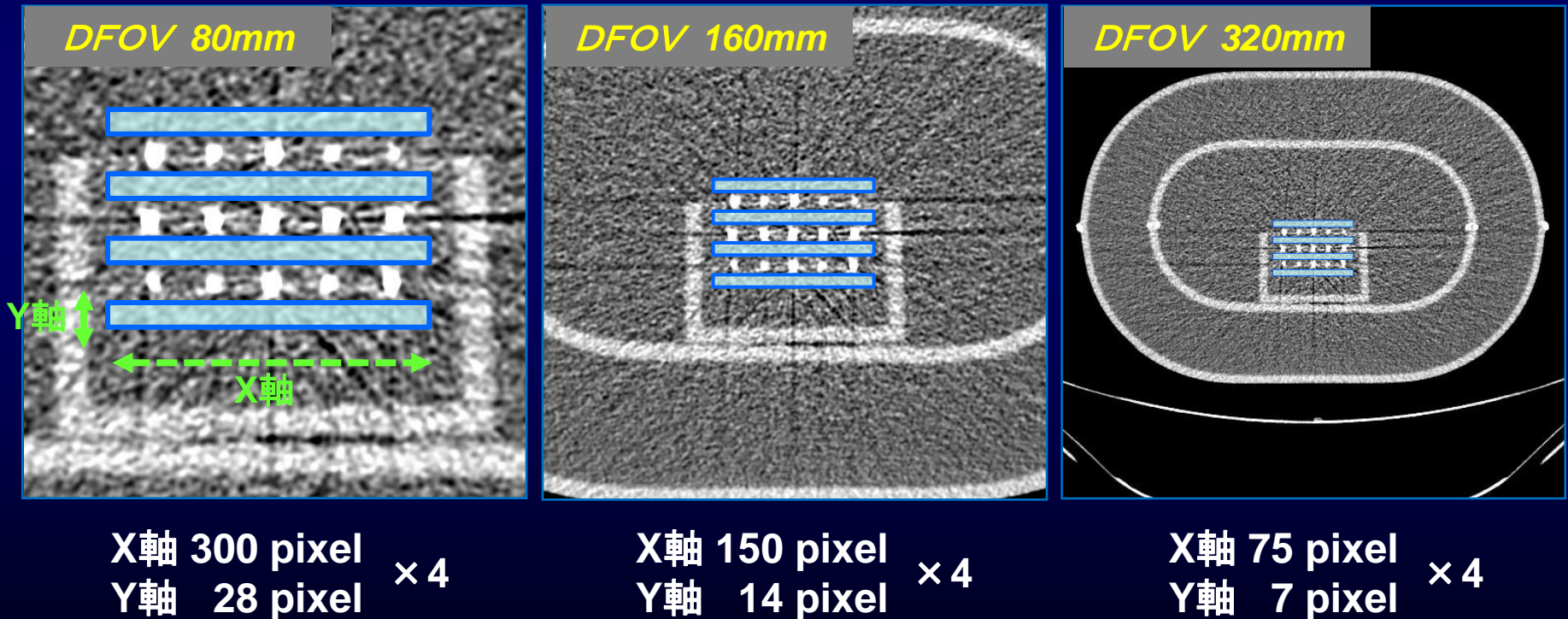
- Gumbel分布の最頻値を示す

1) Kuniharu Imai, Mitsuru Ikeda, Yukihiro Enchi, et.al: Statistical characteristics of streak artifacts on CT images: Relationship between streak artifacts and mAs values. Medical Physics, Vol.36, No.2, February 2009.

方法

region of interest (ROI)の設定

模擬線源から放射状に広がるダークバンドアーチファクトを解析の対象とし、各DFOVで解析する領域を統一するため、以下のように矩形ROIを設定した。



方法

Gumbel plot

各ROIより得られたCT値の最大変動量(確率変数 x)を金属アーチファクトの特徴量として定義し, 確率変数 x がGumbel分布(式①)に漸近するかを確認するため, ミーンランク法(式②)を用いてGumbel plotを求めた.

式①

$$F(x) = \exp \left[- \exp - \left(\frac{x - \beta}{\gamma} \right) \right]$$

$F(x)$: 確率変数 x に対する累積確率
 γ : Scale parameter
 β : Location parameter

式②

$$F(x_i) = \frac{i}{n+1}$$

$F(x_i)$: i 番目に大きい確率変数 x_i に対する累積確率
 n : 試料数

方法

Scale parameter (γ) , Location parameter (β)

Gumbel plotより確率変数 x のバラツキを示すScale parameter (γ)を式③, その最頻値を示すLocation parameter (β)を式④により求め, これらの値を金属アーチファクトの定量的指標として評価した.

式③

$$\gamma = \frac{1}{a}$$

γ : Scale parameter

a : Gumbel plotの直線分布の傾き

式④

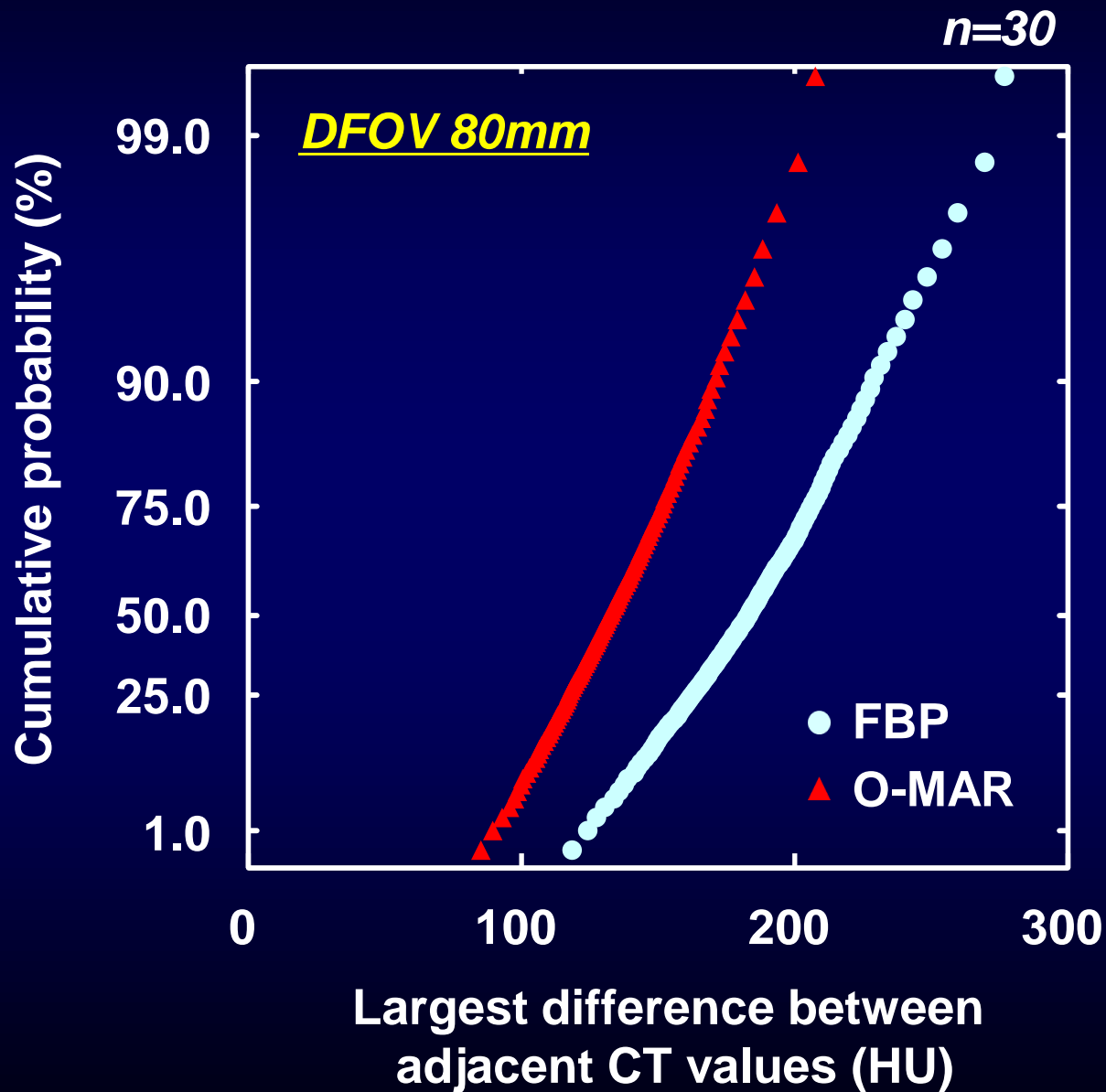
$$\beta = \gamma b$$

β : Location parameter

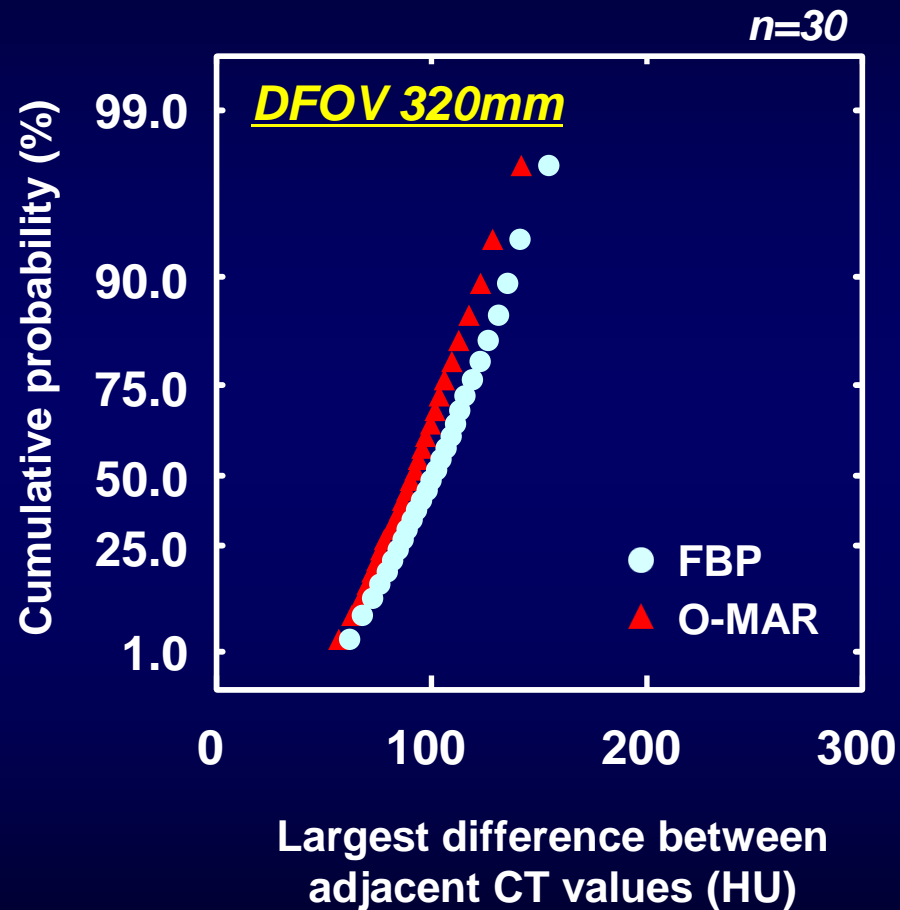
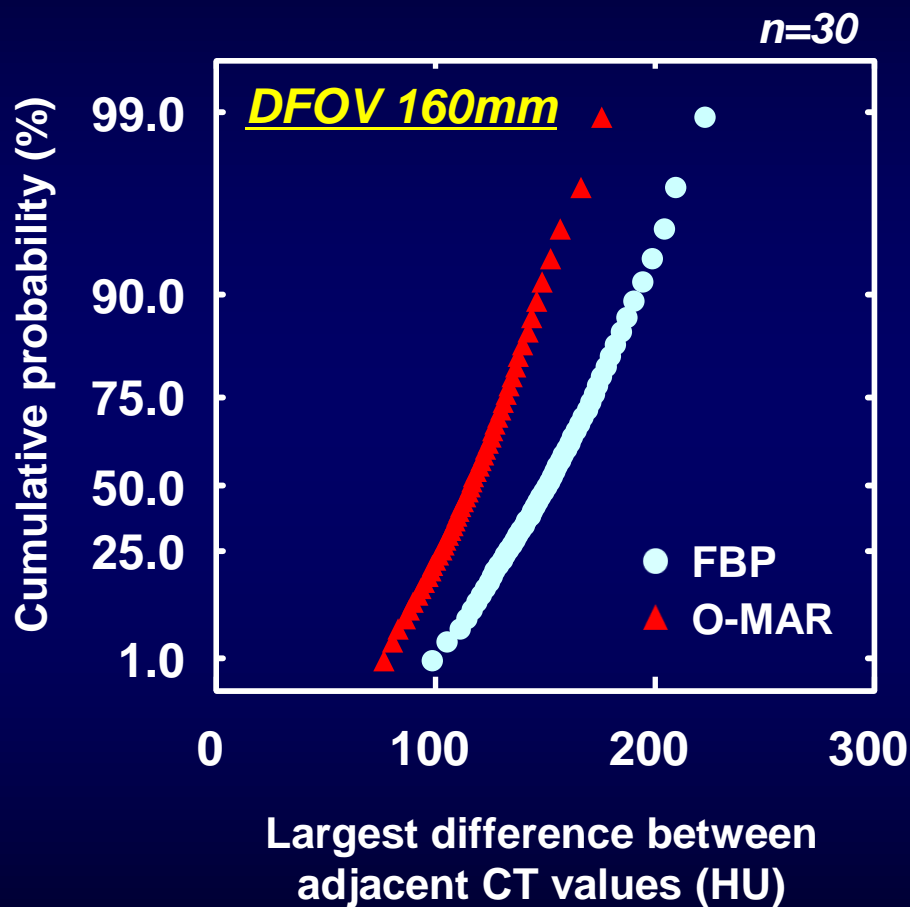
b : Gumbel plotの直線分布の切片

結果

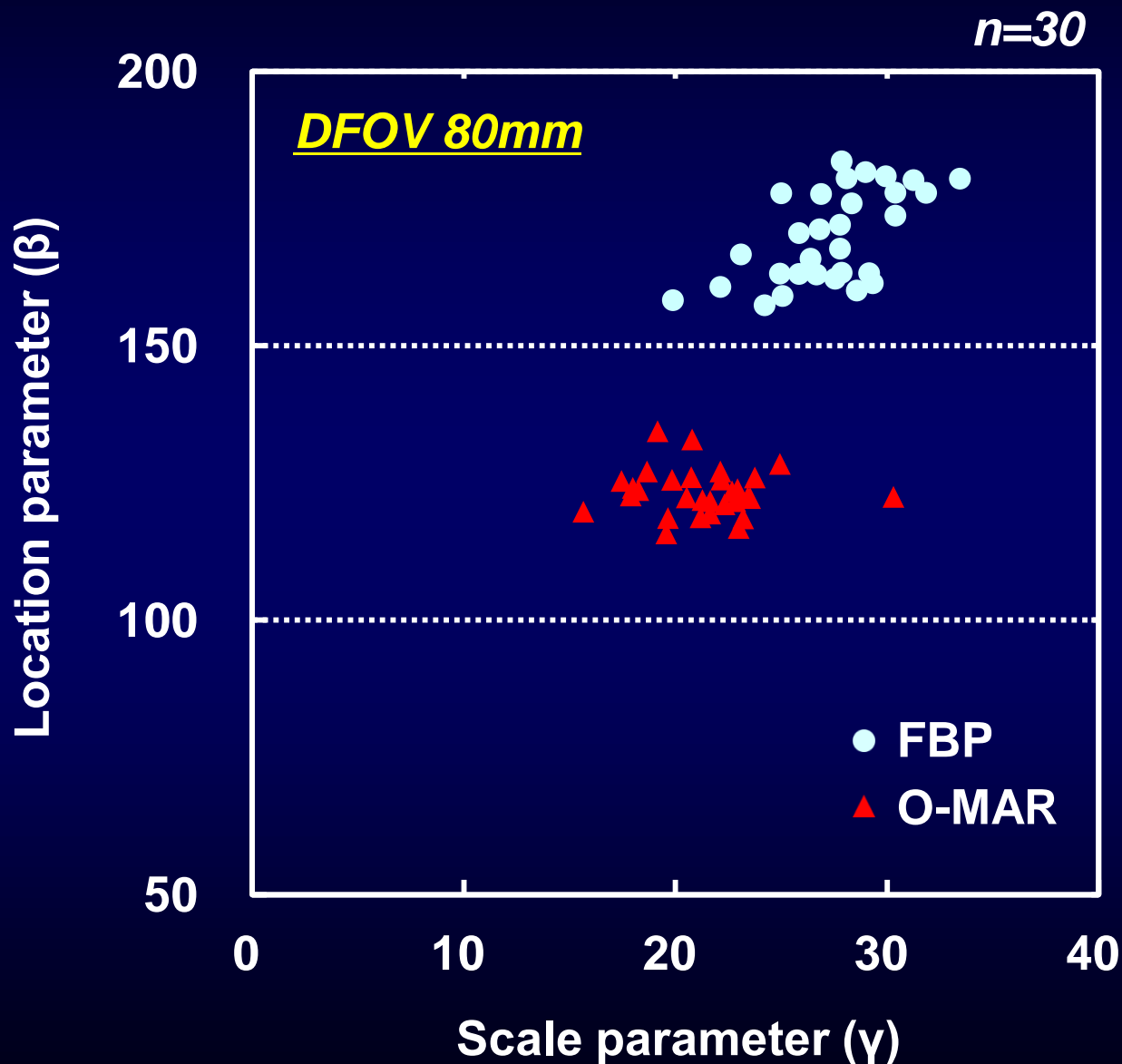
Gumbel plot



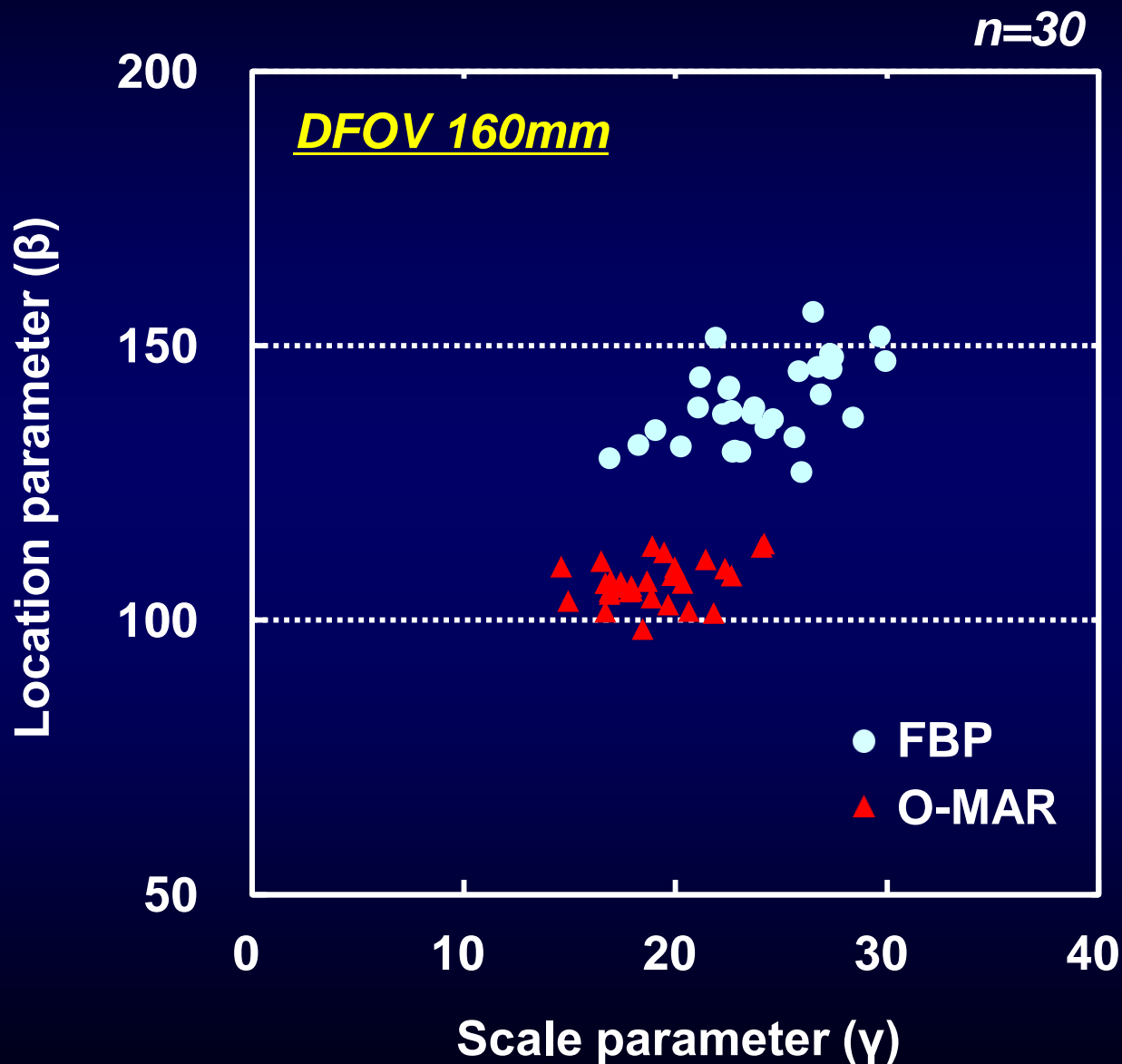
Gumbel plot



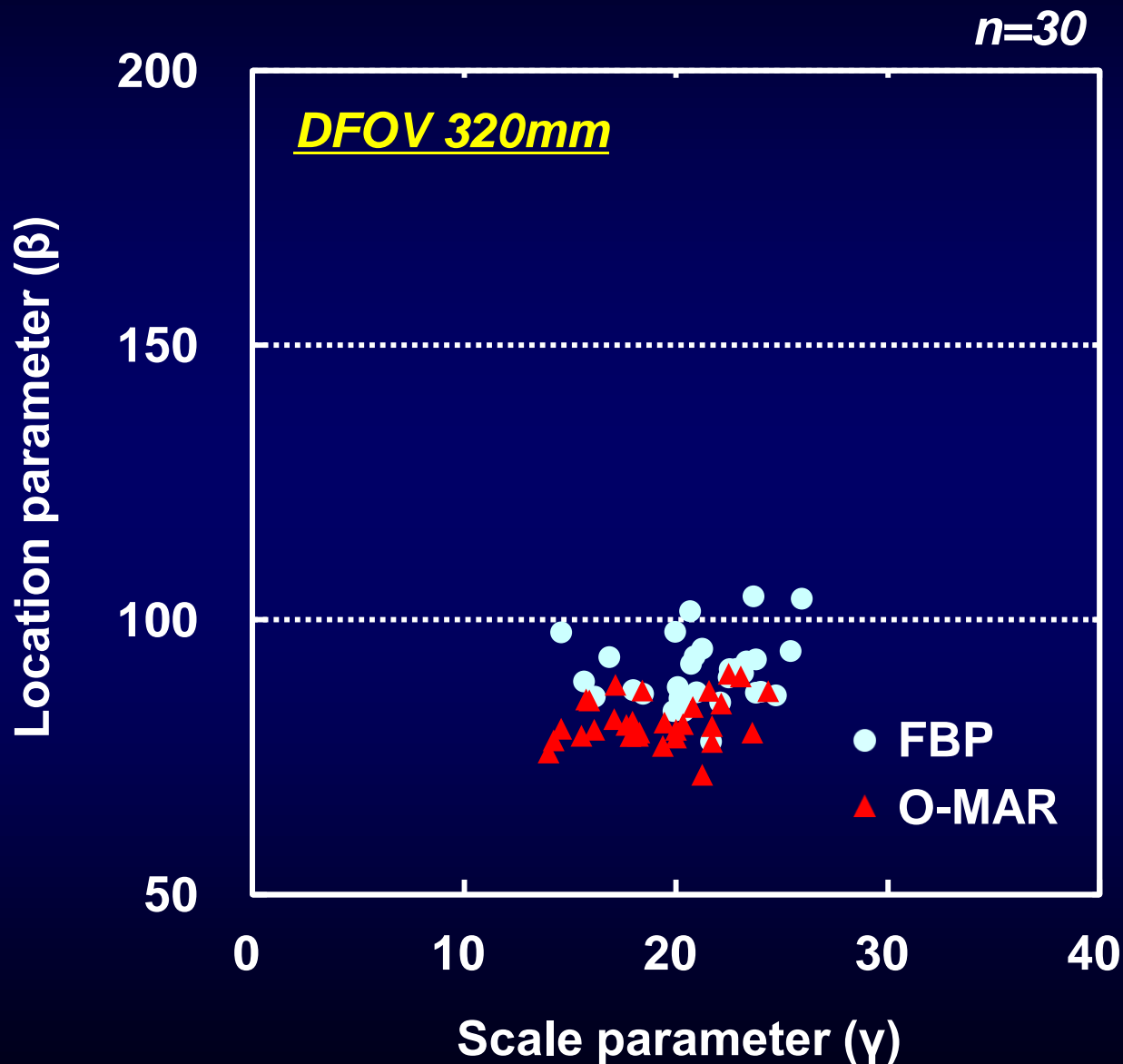
Scale parameter (γ), Location parameter (β)



Scale parameter (γ), Location parameter (β)



Scale parameter (γ), Location parameter (β)



結果

Scale parameter (γ)

DFOV (mm)	FBP	O-MAR	Reduction ratio (%)	p value *
80	27.4 \pm 2.9	21.3 \pm 2.8	22.2	<0.05
160	24.1 \pm 3.3	18.9 \pm 2.5	21.3	<0.05
320	21.2 \pm 2.9	19.1 \pm 2.9	10.0	<0.05

Location parameter (β)

DFOV (mm)	FBP	O-MAR	Reduction ratio (%)	p value *
80	169.9 \pm 8.4	123.3 \pm 4.2	27.4	<0.05
160	139.7 \pm 7.5	107.1 \pm 3.9	23.4	<0.05
320	91.4 \pm 6.1	82.5 \pm 4.3	9.8	<0.05

* 有意差検定は、F検定にて等分散を確認し、等分散の場合は二標本t検定、不等分散の場合はWelch法を用いた。

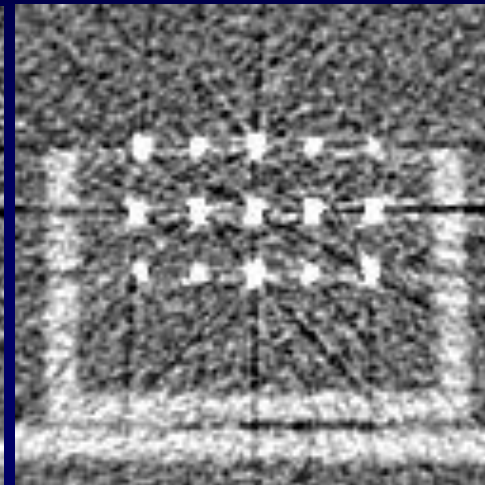
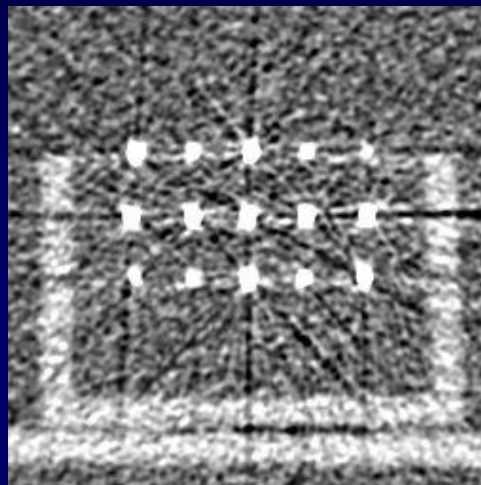
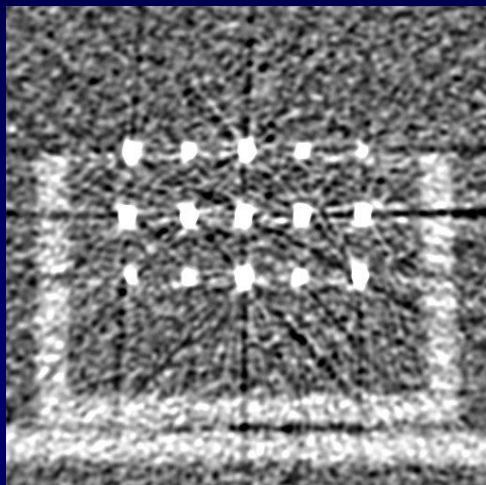
結果

DFOV 80mm

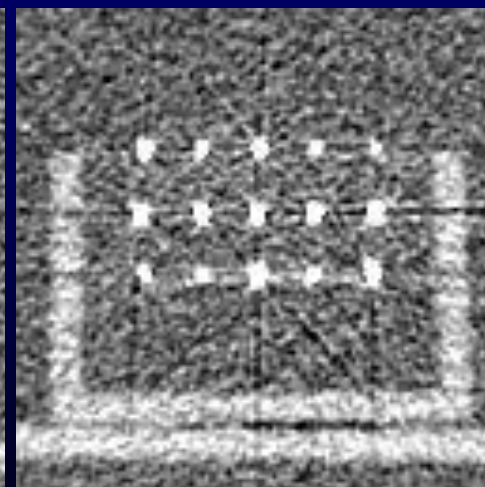
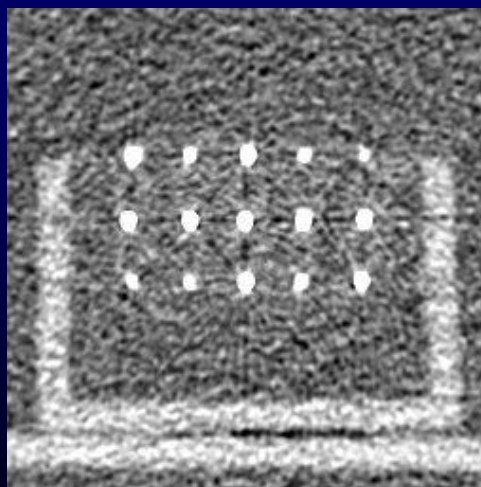
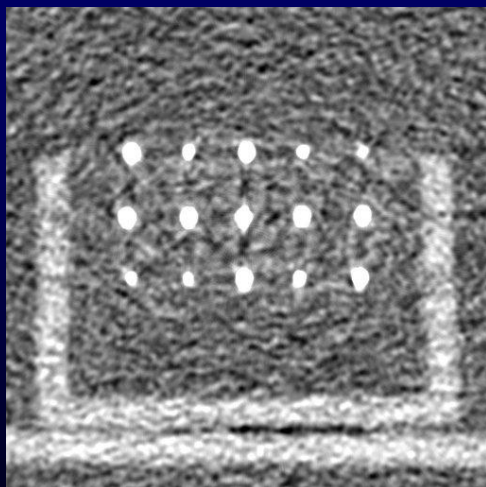
DFOV 160mm
(200% zoom)

DFOV 320mm
(400% zoom)

FBP



O-MAR



WL:30 WW:300

考察

O-MARによる金属アーチファクトの低減率は、DFOVが小さいほど高い傾向を示した。

➤ それぞれのDFOVではCT画像上の模擬線源の領域(pixel数)が異なるため、DFOVの大きさが金属アーチファクトの低減効果に影響を与えると考えられた。

➤ DFOVが大きい場合のO-MARによる画像再構成では、金属抽出の精度が低下することに加え、iterativeに行うサイノグラム上での金属アーチファクトの補正処理が不十分となることが推測された。

考察

DFOV 320mmにおけるO-MARの金属アーチファクト低減率は、DFOV 80mm, DFOV 160mmに比べて著しく低かった。

➤ その要因として、DFOV 320mmでは模擬線源の領域が10pixel以下であり、O-MARによる金属アーチファクトの低減効果が十分に得られなかったと考えられた。

メーカーが推奨しているO-MAR作動時の条件は・・・

金属のCT値が2500HU以上, 金属のpixel数が10以上

	DFOV 80mm	DFOV 160mm	DFOV 320mm
CT value (HU)	3018.7	3019.9	3019.7
Number of metal pixels (pixel)	101.0	25.3	6.2

考察

本実験の限界として、今回は模擬線源の歪みやその周辺の不鮮明化などについては評価できておらず、
今後は視覚評価も含めた検討が必要と考える。

結語

O-MARによる金属アーチファクトの低減効果は、DFOVが小さいほど大きい結果となった。

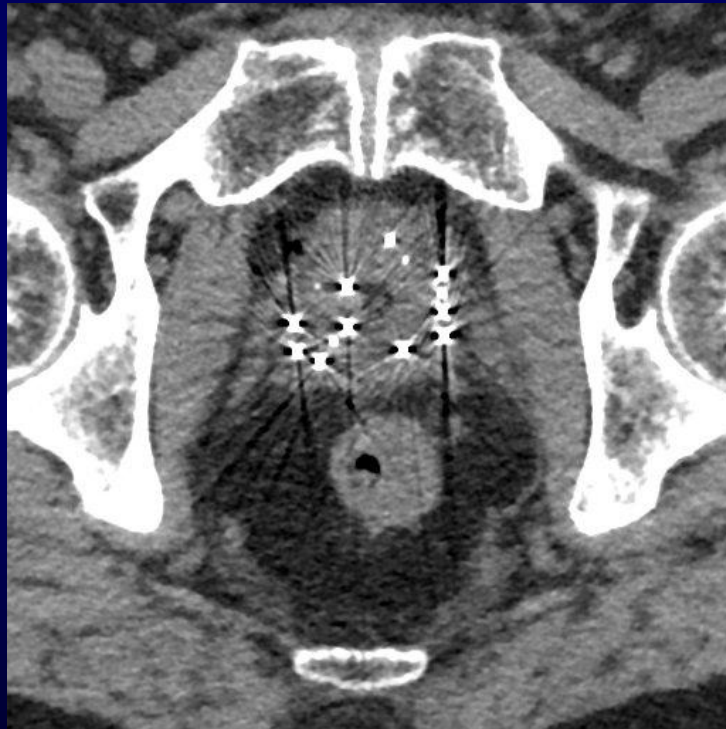
したがって、前立腺癌密封小線源治療で使用する密封小線源の金属アーチファクトを対象とした場合、O-MARによる金属アーチファクト低減効果はDFOVの影響を受けると考えられた。

臨床画像

密封小線源刺入後のCT画像

WL:40 WW:400

DFOV 160mm



FBP



O-MAR