

Ring ROI法を用いた不均一CT領域の 新しい体積算出法の提案

○ 伊藤 雄也⁽¹⁾
鹿山 清太郎⁽¹⁾
山際 寿彦⁽¹⁾
丹羽 正厳^{(1), (2)}
富田 羊一^{(1), (3)}
松本 良太⁽⁴⁾
土井 裕次郎⁽⁴⁾
辻岡 勝美⁽⁵⁾
加藤 良一⁽⁵⁾



¹⁾ 藤田保健衛生大学大学院 保健学研究科 医用放射線科学領域

²⁾ 市立四日市病院 医療技術部放射線室

³⁾ 名鉄病院 放射線科

⁴⁾ 藤田保健衛生大学病院 放射線部

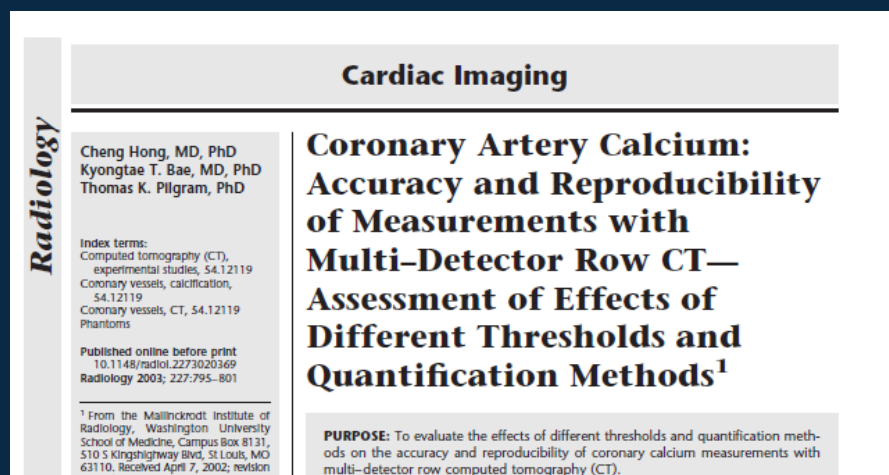
⁵⁾ 藤田保健衛生大学 医療科学部 放射線学科

伊藤 雄也

E-mail: yuya1022crayon@yahoo.co.jp

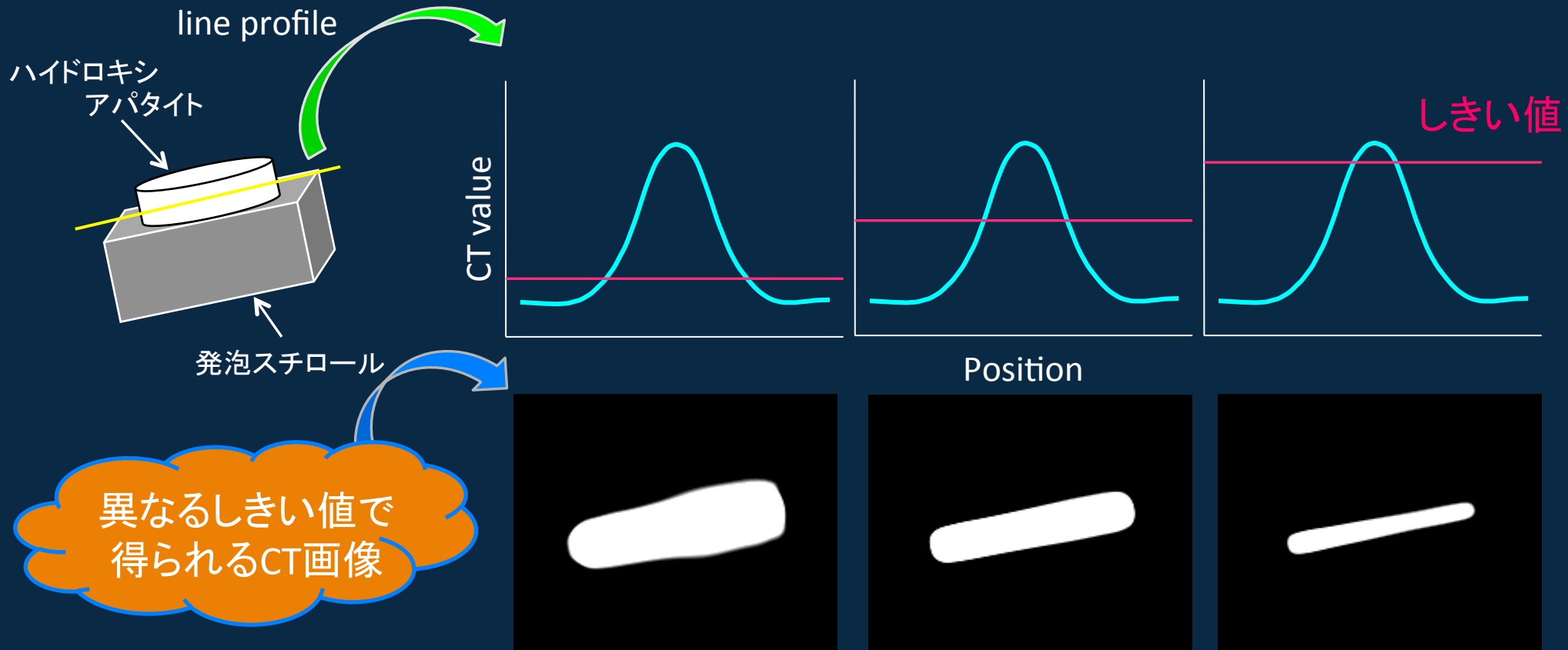
背景

近年、CTにおける体積測定は様々な部位で臨床応用されており、臨床的意義が大きい。現在、CTにおける体積測定ではしきい値が用いられているが、測定する物体の周囲に複数のCT値を持つ物質が存在した場合、体積算出が正しく行えないという問題がある⁽¹⁾。



(1) Cheng Hong, Kyongtae T. Bae, Thomas K. Coronary artery calcium: Accuracy and reproducibility of measurements with multi-detector row CT – Assessment of effects of different thresholds and quantification methods: *Radiology* 2003; 227:795–801.

設定するしきい値による問題点



設定するしきい値によって、表示されるハイドロキシアパタイトの大きさが異なる。



“算出される体積が設定するしきい値によって変動する”

新法 しきい値を用いない体積算出法

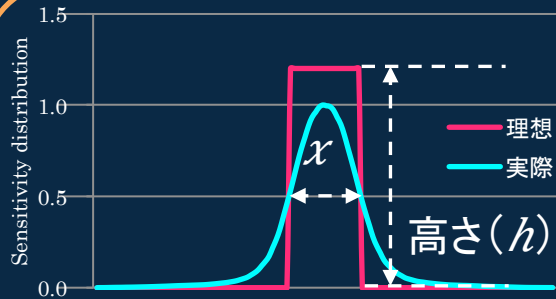


Fig.1 感度分布全体を利用した測定

CTにおいてX線吸収係数とCT値は直線性が保たれていることより、双方のカーブ下面積は同じだと考えられる。したがって、実際に裾野が広がったカーブ下面積を高さである目的物質のCT値で除すれば、カーブ下面積が同じである矩形の状態では幅 x を求めることができるという原理である。既知である目的物質のCT値とCT装置で検出した感度分布全体を利用することで、**しきい値設定により算出される体積が変動する問題を改善することが可能となることを報告⁽²⁾した。**

(1) Yuya Ito 『Basic study of volume measurement method not to use the threshold』
2nd ICRST: International Conference Radiological science and Technology

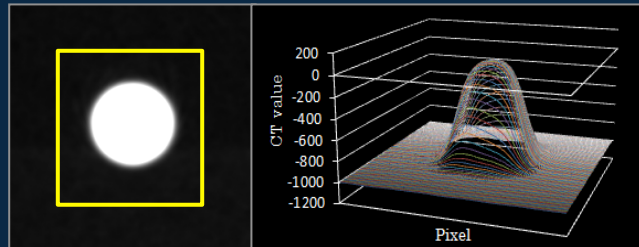


Fig.2 アクリル球の断面図とArea-profile

新法の体積算出方法

各断面のArea-profile (Fig. 2) のカーブ下累積CT値を算出し、この累積CT値を目的物質のCT値で除することで、目的物質がこの断面に何ピクセルあるのか算出できる。この算出したピクセル数に1ボクセルの体積を乗じることで1断面あたりの目的物質の体積が算出できる。この計算をすべての断面において行い積算することで体積が求まる。

体積 [mm^3] = ROI内の累積CT値 / 目的物質のCT値 × 1ボクセルの体積

Limitation

- 目的物質のCT値を正確に測定する必要がある。
- ✓ 測定対象以外の物質が関心領域にバックグラウンドとして多数混在する場合、測定誤差の要因となる。

目的

- 現在我々は、しきい値を用いない新しい体積算出法（新法）の開発を行ってきた。しかし、新法、しきい値法の双方において周囲に複数の物質が混在すると体積が正確に算出できないのが現状である。
- 今回、この問題点を解決する目的でリング状のROIを設定し、その平均CT値を周囲物質のCT値とする手法（Ring ROI法）を考案した。しきい値法、新法、Ring ROI法で体積と真値に対する誤差を算出し、比較検討を行った。

使用機器

【CT装置】

Aquilion ONE™/ VISION Edition

(東芝メディカルシステムズ)

【画像解析ソフト、ファントム】

- ・画像解析ソフト: image-J
- ・アクリル円柱ファントム
- ・ハイドロキシアパタイト
- ・サラダ油
- ・固めるテンプル
- ・イオパミロン 370

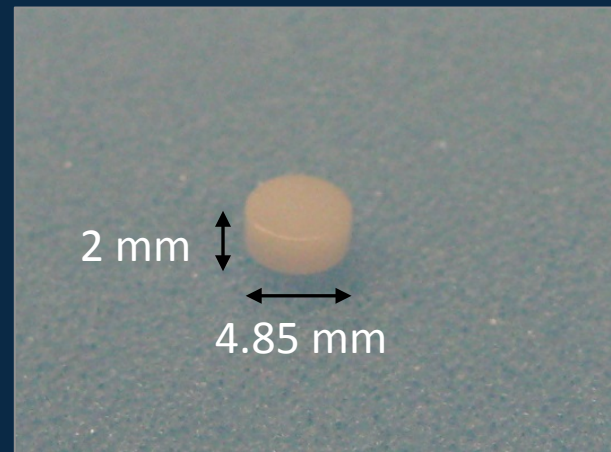


Fig.1 ハイドロキシアパタイト



Fig.2 ファントム作成に使用したもの 6

撮影条件

管電圧: 120 kVp

管電流: 100 mA

回転時間: 1 sec/rot.

表示FOV: 150 mm

スライス厚: 0.5 mm

画像再構成関数: FC13

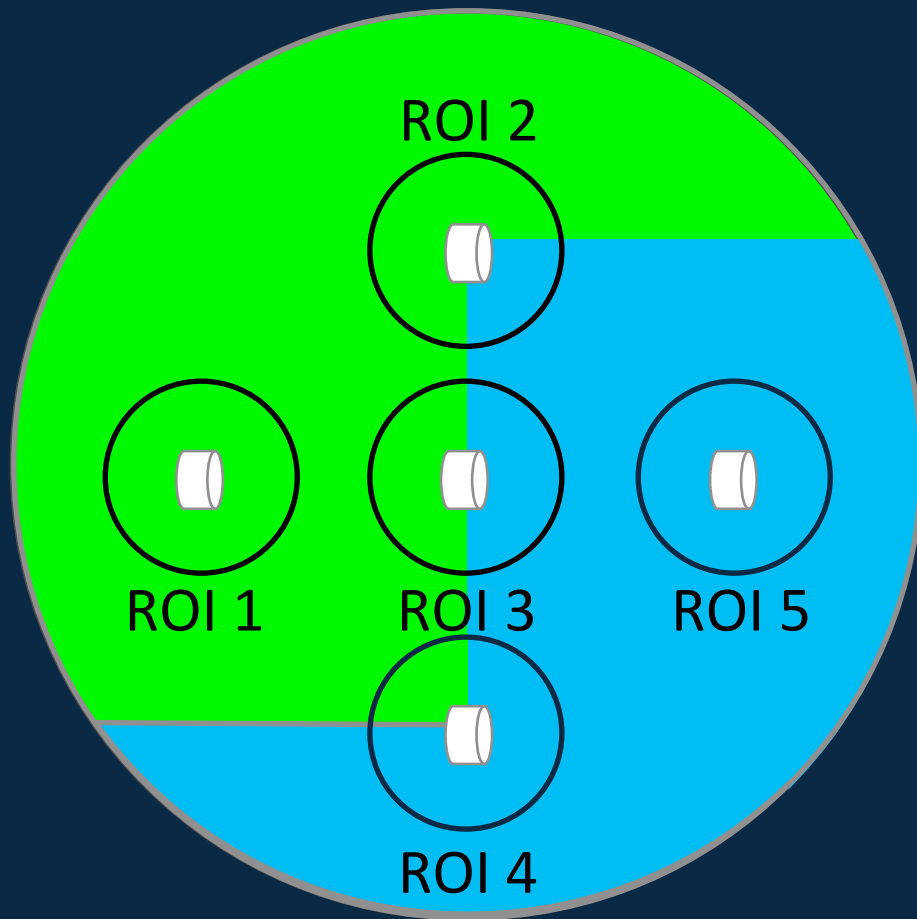
スキャン方式: Volume scan (non-helical scan)

検出器列数: 320×0.5 mm



Fig.3 Aquilion ONE

ファントム構造



- 物質A: サラダ油+固めるテンプル
- 物質B: 寒天+希釈造影剤
- ハイドロキシアパタイト

<物質Aに対する物質Bの比率>

- ROI 1 = 0%
- ROI 2 = 25%
- ROI 3 = 50%
- ROI 4 = 75%
- ROI 5 = 100%

Fig.4 ファントムの模式図

ファントム構造の背景

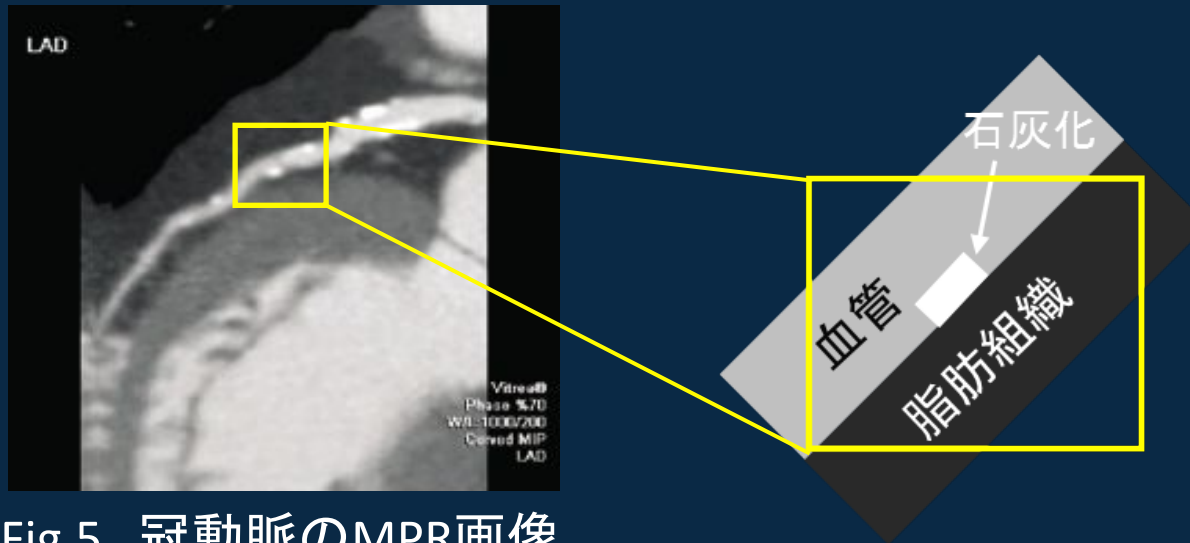


Fig.5 冠動脈のMPR画像

＜ROI内に存在するもの＞

- 心筋
- 血液
- 脂肪組織: -80~-100 HU
- 石灰化

40~50 HU

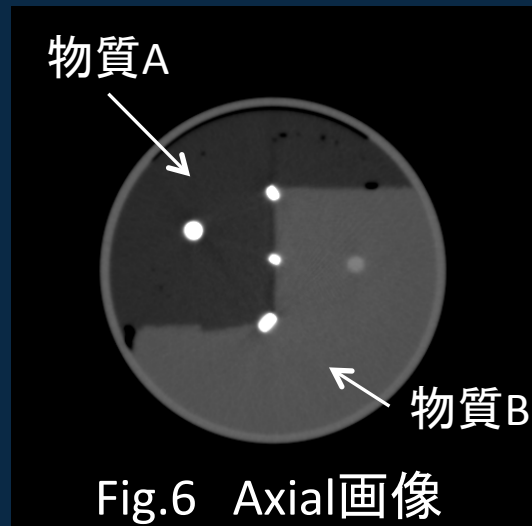


Fig.6 Axial画像

＜物質A、BのCT値＞

- 物質AのCT値: -115 HU
- 物質BのCT値: 41 HU



石灰化した冠動脈と周囲組織のCT値が再現できている。

血液と脂肪組織に挟まれた石灰化のように周囲に異なるCT値をもつ複数の組織が存在する場合を想定したファントム作成を行った。また、石灰化の周囲の各物質の存在率も0、25、50、75、100%と異なる場合にも対応可能である。

方法

高さ2 mm、直径4.85 mmの円柱型ハイドロキシアパタイトを周囲物質の比率が0、25、50、75、100%と異なるように配置させたファントムを撮影した。得られたCT画像より、しきい値、新法、Riong ROI法の各手法で体積と真値対する誤差を算出し、比較検討を行った。



Fig.7 ファントム外観

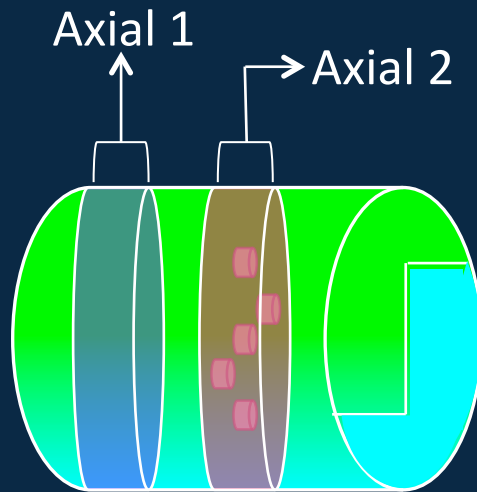


Fig.8 ファントム模式図

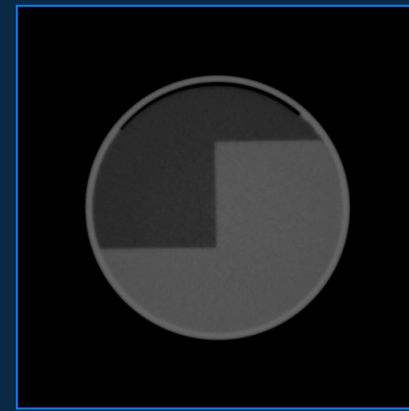


Fig.9 Axial 1

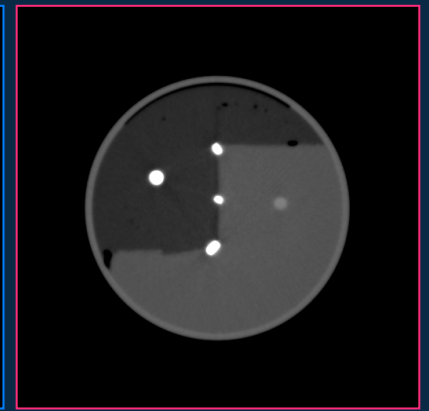


Fig.10 Axial 2

Ring ROI法

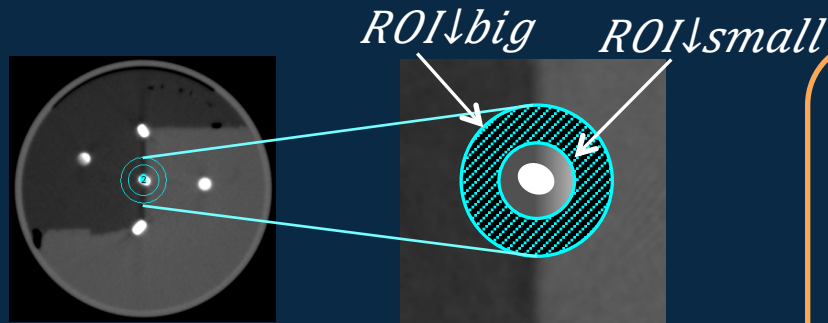


Fig.11 Ring ROI法のROIの設定

B.G値の算出

$ROI\downarrow big$ と $ROI\downarrow small$ の面積と平均CT値を求め、式1に代入して算出すると $ROI\downarrow big$ と $ROI\downarrow small$ の間の斜線部の平均CT値が求まる。この値がRing ROI法のB.G値となる。 $ROI\downarrow big$ 内の各ピクセルに求めたB.G値の差分処理を行う。

$ROI\downarrow big$ と $ROI\downarrow small$ の間の平均CT値 = $(ROI\downarrow big \text{の面積} \times \text{平均CT値}) - (ROI\downarrow small \text{の面積} \times \text{平均CT値}) \div \dots$ (式1)

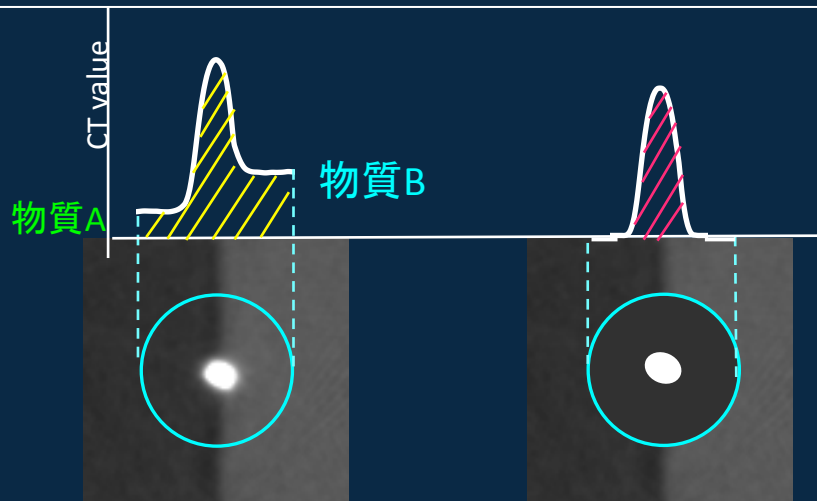


Fig. 12 B.Gの差分処理前 Fig. 13 B.Gの差分処理後

不均一なB.Gの除去後の目的物質の抽出

B.G処理前のカーブ下累積CT値では物質AとBの裾野が影響して過大評価になる。しかし、Ring ROIにより求めたB.G値の差分処理後のカーブ下累積CT値では目的物質のみのCT値分布となり、バックグラウンドに複数の物質が存在しても正確に目的物質の抽出が可能である。

Ring ROI法

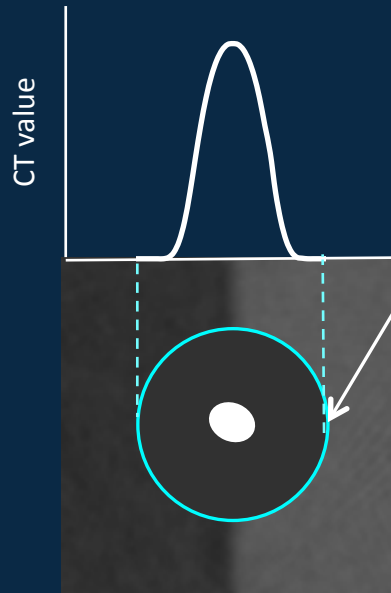


Fig. 14 B.Gの差分処理後

Ring ROIにより求めたB.Gの値で差分処理後のカーブ下累積CT値を目的物質であるハイドロキシアパタイトのCT値で除することで、Ring ROI内に存在するハイドロキシアパタイトのピクセル数が求まる(式2)。この求めたハイドロキシアパタイトのピクセル数に1ボクセルサイズを乗ずることで、この断面にどれだけハイドロキシアパタイトの体積が存在するかが求まる。この計算をすべての断面にて行い、各断面で算出した体積の合計が目的物質の体積となる。

体積[mm³] = B.Gを差分後のRing ROI内の累積CT値 / ハイドロキシアパタイトのCT値 × 1ボクセルサイズ (式2)

しきい値法

しきい値設定による体積変動の問題

新法

しきい値設定の改善

B.Gの不均一領域における問題

Ring ROI法

不均一領域に対応

しきい値法と新法の体積算出法

＜しきい値法＞

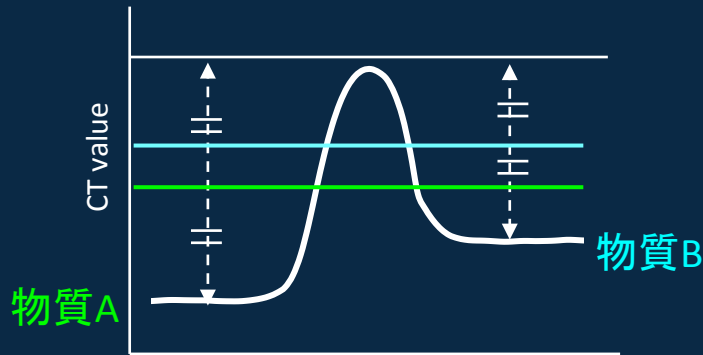
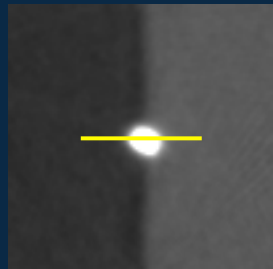


Fig.15 Axial画像

Fig.16 line profile

【しきい値法のしきい値設定の仕方】

- ・物質Aとアパタイトの半値
- ・物質Bとアパタイトの半値
- ・ROI内の最小と最大CT値の半値

上記の各設定しきい値を用いてしきい値以上のボクセルをカウントし、体積算出を行った。

＜新法＞

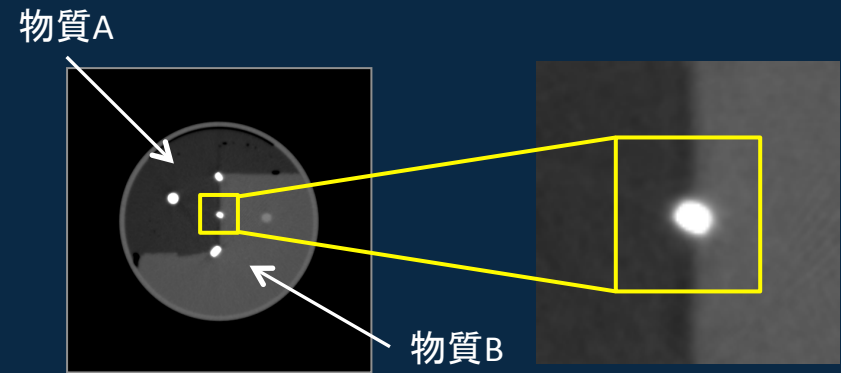


Fig.17 ROIの設定

【新法のB.Gの値の設定】

- ・物質AのCT値
- ・物質BのCT値

B.Gを取り除く際に物質Aと物質BのCT値を用いた。差分処理後、ROI内の累積CT値を算出し、目的物質のCT値で除して体積算出を行った。

No. 1

結果

真値=37.3 体積[mm3]と誤差[%]

-235~+200%

±5%

-25~-5%

ROI 1	新法		Ring ROI法	しきい値法		
B.G設定	①	②	③	④	⑤	⑥
体積[mm3]	33.0	-50.3	36.2	29.7	29.4	27.9

ROI 2	新法		Ring ROI法	しきい値法		
B.G設定	①	②	③	④	⑤	⑥
体積[mm3]	64.4	-34.71	38.7	30.0	31.6	34.6

ROI 3	新法		Ring ROI法	しきい値法		
B.G設定	①	②	③	④	⑤	⑥
体積[mm3]	87.3	-10.9	39.3	30.0	31.5	34.5

ROI 4	新法		Ring ROI法	しきい値法		
B.G設定	①	②	③	④	⑤	⑥
体積[mm3]	101.1	3.3	36.3	30.0	31.3	35.1

ROI 5	新法		Ring ROI法	しきい値法		
B.G設定	①	②	③	④	⑤	⑥
体積[mm3]	112.2	31.7	36.2	30.4	31.3	31.7

ROI 1	新法		Ring ROI法	しきい値法		
B.G設定	①	②	③	④	⑤	⑥
誤差[%]	-11.6	-235.0	-3.0	-20.5	-21.3	-25.3

ROI 2	新法		Ring ROI法	しきい値法		
B.G設定	①	②	③	④	⑤	⑥
誤差[%]	+72.6	-193.1	+3.8	-19.5	-15.2	-7.1

ROI 3	新法		Ring ROI法	しきい値法		
B.G設定	①	②	③	④	⑤	⑥
誤差[%]	+134.2	-129.3	+1.8	-19.4	-15.6	-7.6

ROI 4	新法		Ring ROI法	しきい値法		
B.G設定	①	②	③	④	⑤	⑥
誤差[%]	+171.1	-91.1	-2.7	-19.5	-16.1	-5.8

ROI 5	新法		Ring ROI法	しきい値法		
B.G設定	①	②	③	④	⑤	⑥
誤差[%]	+200.9	-14.9	-3.0	-18.5	-16.1	-15.0

結果

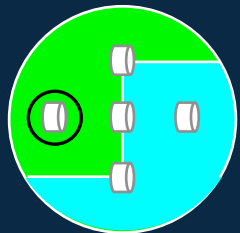
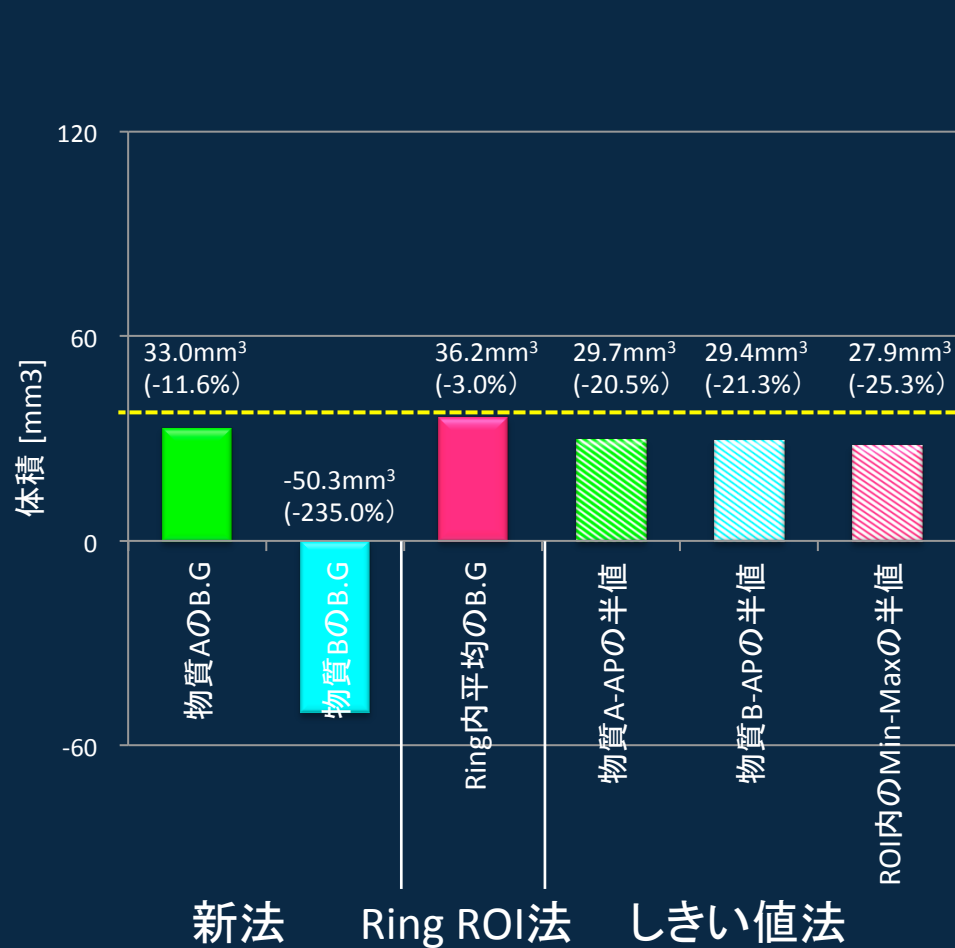


Fig. 18 ROI 1の測定結果

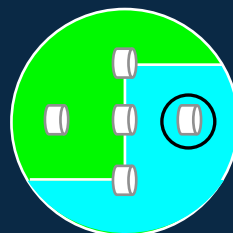
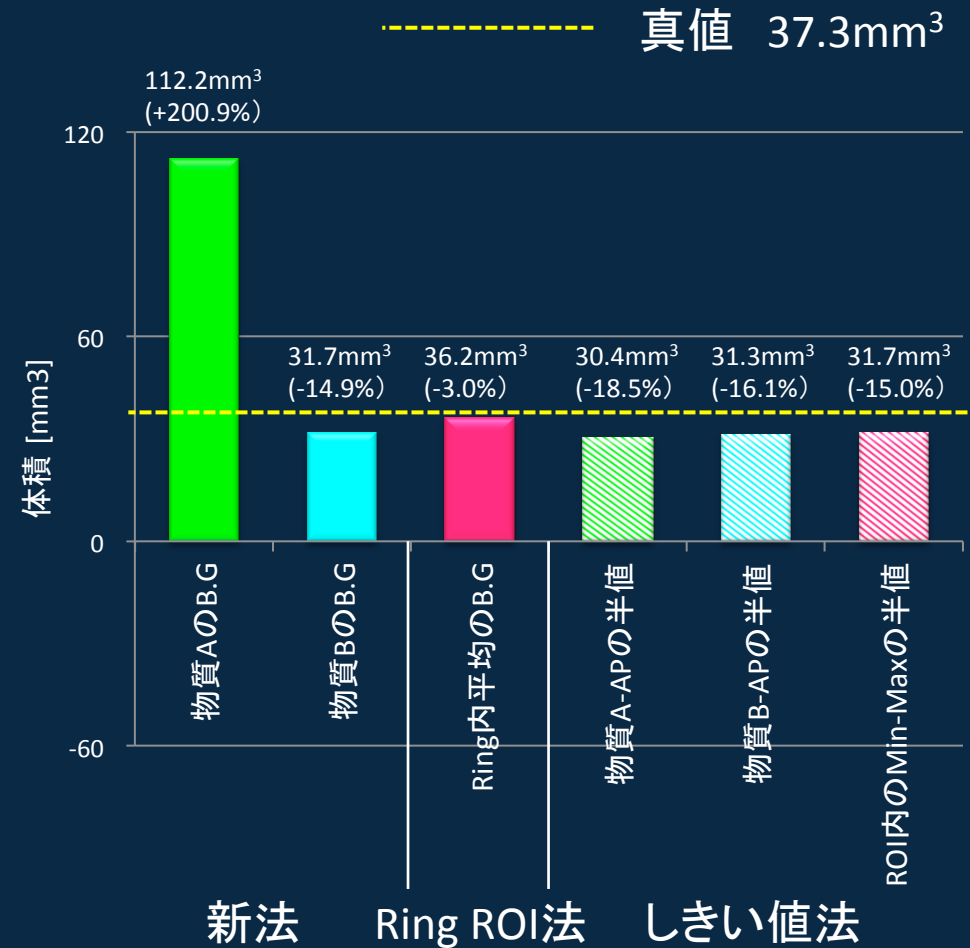
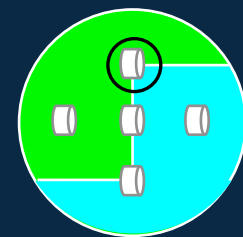
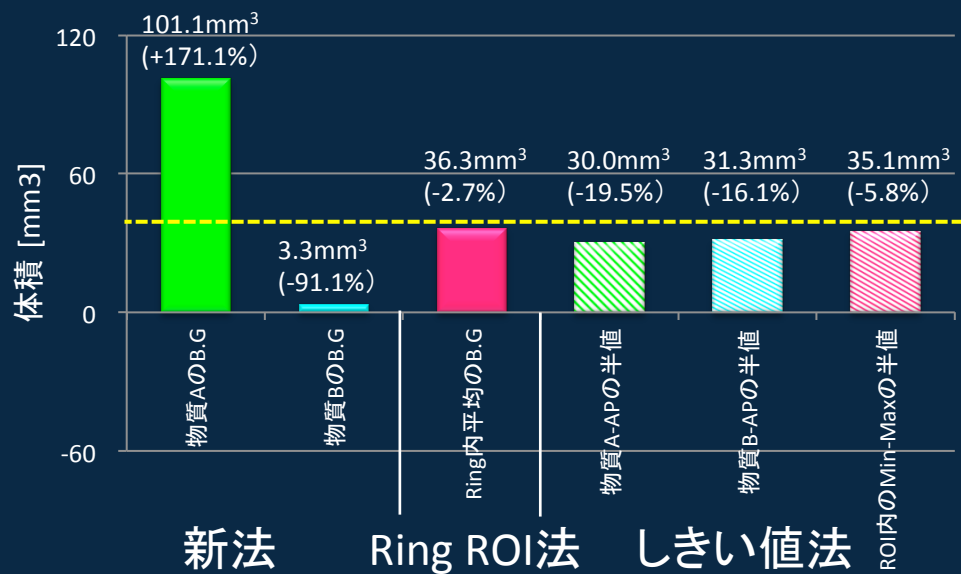
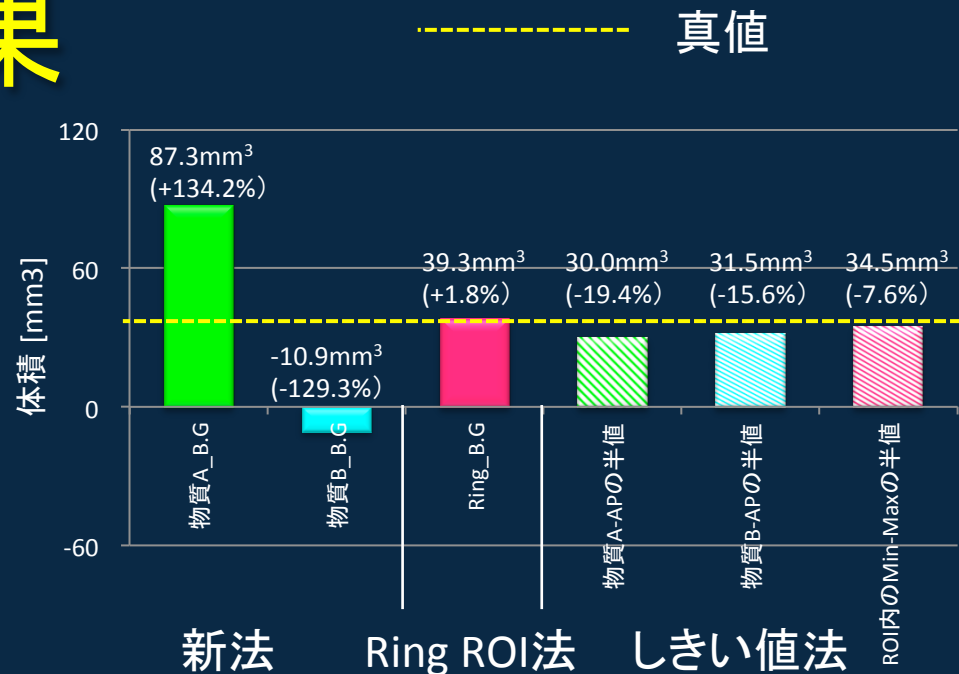
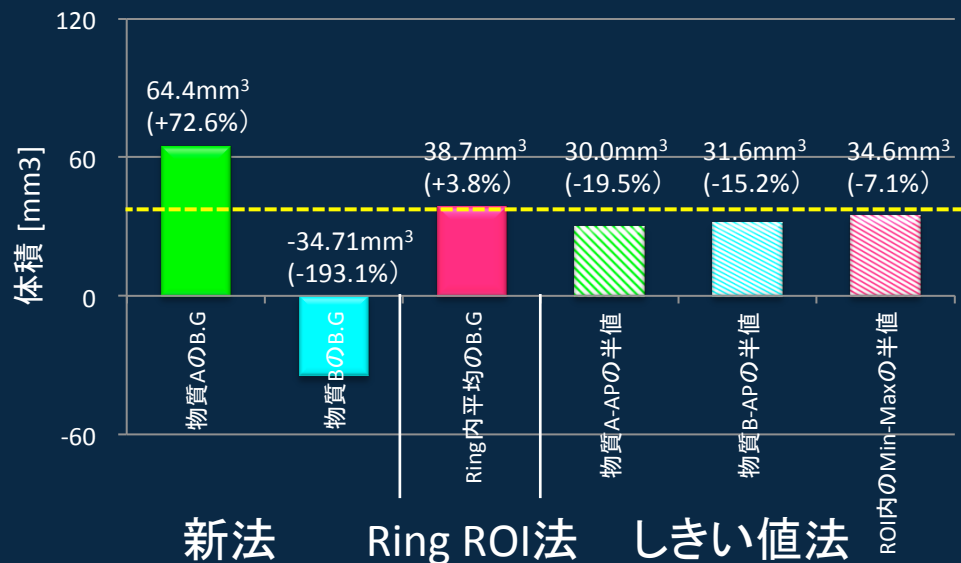
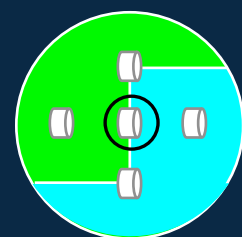


Fig. 19 ROI 5の測定結果

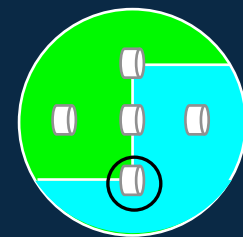
結果



ROI 2



ROI 3



ROI 4

考察

しきい値法では設定するしきい値によって算出する体積が変動し、誤差は-25~-5%であった。新法においても各B.Gの値によって体積が変動し、誤差は-235~+200%であった。しかし、Ring ROI法では、周囲物質の比率がどの場合でも算出される体積の誤差が $\pm 5\%$ 以内であった。

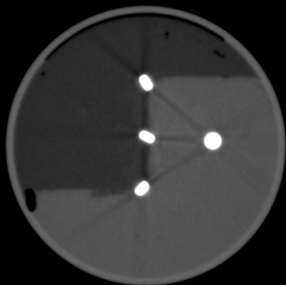


Fig. 20 Axial画像

ストリークアーチファクトやブルーミングアーチファクトがあってもRing ROI法であれば、正確に体積を算出することが可能であった。

結語

我々が開発したしきい値を用いない体積測定法（新法）では周囲の物質が不均一な場合、正確な体積測定が行えなかったが、リング状のROIを設定し、周囲組織の平均CT値を用いることによって、正確な体積測定ができることが確認できた。



Thank you for your attention!!