

## CT診断の普及を目指して

# 十河がゆく

### 十河 基文(そごう もとふみ)

大阪大学歯学部招聘教員(歯科補綴学第二教室)

株式会社アイキャット代表取締役CTO

研究開発や臨床の傍らCT診断普及を目指して東奔西走中

(題字:小宮山彌太郎先生)

先月に引き続き、今月もGIDORAの特徴を説明します。今月はもう1つの特徴である「CT値」についてです。

### CT値とは



図1: ハンスフィールド博士

CT値は、白黒で表現されるCT画像の画素(ピクセル)が持つ濃淡値です。CTの発明者(図1)の名前にちなんで別名ハンスフィールド値とも呼ばれ、単位はHU(ハンスフィールドユニット)です。X線が被写体で吸収される程度(X線吸収係数)から導かれ、被写体の密度(比重)に比例します。人間の大部分が水からできているため水を0[HU]とし、空気を-1000[HU]に設定されます。

「CT値は骨密度と相関がある」とされています<sup>1)</sup>。「骨密度」と「骨質」は正確には定義が異なりますが、インプラントの臨床では「骨が硬いか軟らかいか」を概ね把握できれば十分なため、十河は「臨床的骨質」と名づけてCT値を活用しています。したがって、CTによる診断では骨形状・構造を見るだけなく、医科用CTではCT値に色づけをすることで「臨床的骨質診断」を行っています(図2)。

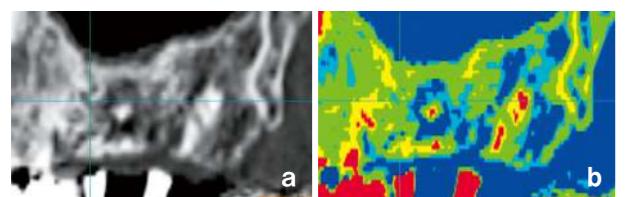


図2: 白黒のCT画像ではどこが硬い骨/軟い骨の詳細な区別はできないものの(a)、CT値に色づけをすると「上顎臼歯部ではD3(黄緑色)の骨質が多い」と一目でわかる(b)。

### 学会による見解

現在、日本歯科放射線学会の「インプラントの画像診断ガイドライン第2版」を拝見すると、「CBCTはCT値は計測できない」と記載されています<sup>1)</sup>。ご専門であり、尊敬する多くの先生方に逆



## GIDORAの技術(2回目) CT値で臨床的骨質診断

らう気持ちは全くありません。そのため以下は一人の研究者としての発言とご理解ください。

### CT値が満たすべき最低条件

「CT値とは、水が0、空気が-1000を示し、被写体の密度(比重)に対して直線性を示す。」というのがCT値の定義であり、それ以上でもそれ以下でもありません。その定義を踏まえて、十河の行った実験をご紹介します。以下は、撮影再現性を確認した3メーカーの医科用CT3機種と歯科用CT8機種を検証した結果の一部です。

■医科用CT: 医療用水溶性造影剤を希釈した自家製ファントムを作製(図3a)し、シーメンス、東芝、GEにおいて同じ16列の装置でCT撮影をすると、全ての装置のCT値は水が原点の0を示し、直線性を示しました(図3b)。

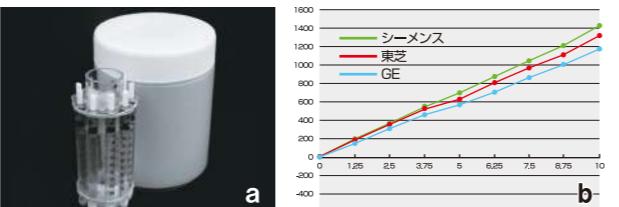


図3: a: φ85mmの容器に水を満たし、%の異なる水溶性造影剤が封入されたシリジンからなる自家製ファントム。b:3つのメーカーのCT装置で自家製ファントムを標準的な条件でCT撮影した際のCT値。水は0を示し、直線性を示す。

■一般的な歯科用CT: 続いて歯科用CTをみると、水が0を示す装置はほとんど見当たらず(図4a~d)、-400~+1500の間で様々な画像濃度値を示しました。さらに、約6割の装置において画像濃度値は直線性を示すものの、装置の中には途中で直線

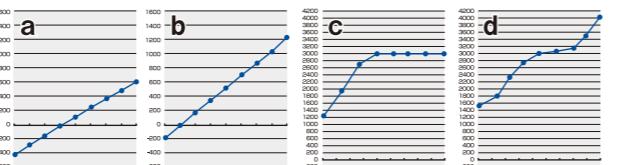


図4: 歯科用CTの画像濃度値の例: 全ての装置は、水の値が0を示さない。cは、途中で濃度値が頭打ちになっている。dは、全く直線性を示さない。c,dは、Y軸の表現範囲が医科用CTの約2倍となっている。

性を示さない装置や(図4c)、最初から全く直線性を示さない装置もありました(図4d)。

### GIDORAの画像濃度値

しかし、我々iCATが独自に開発したコーンビームCT再構成ソフトGIDORAでは水は0を示し、グラフは直線性を示します(図5a,b濃紺線)。そしてグラフの傾きは医科用CT(図5a)や、ビームハードニングを起こさない単色X線から導かれたCT値(図5b)ともほぼ同じ様相を示し、「CBCTでもCT値は出るのではないか。」と十河は思い始めました。

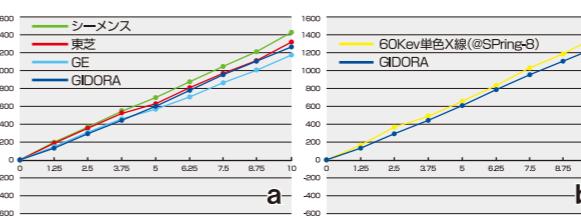


図5: 医科用CTならびに単色X線から導かれたCT値とGIDORAの画像濃度値を並べたグラフ。GIDORAは医科用CTや単色X線のCT値とほぼ一致する。(なお、単色X線は第3次放射光施設SPring-8(兵庫県)にて発生させた)

### 何故「CT値が出ない」といわれるのか?

では何故「CBCTはCT値が出ない。」といわれるのか。それは、「医科用CTに比べて画像濃度値の精度が悪いからだ。」と十河は考えています。FOV(撮影視野)が変わると同じ値にならなかったり(図6a)、金属(実験ではアルミニウム棒)の有無で異なる値になりました(図6b)。また、ファントムのXY平面を横切る水のプロファイルを見ると、医科用CTでは少しのノイズは存在するものの、水の0付近で、ほぼ水平状態を示します(図7a)。しかし、歯科用

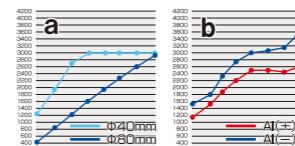


図6: 歯科用CTの画像濃度値が変化する例。a: FOVの違いで値が変化する。b: 金属の有無で値が変化する。

CTの水プロフィールは0は表示せず、医科用CTよりも大きなノイズで、さらに大部分の装置では上に凸状態となり(図7b)、稀に下に凸を示す装置もあります(図7c)。

このように画像濃度値が一定せず精度が悪くなる様々な現象が、「CBCTはCT値が出ない。」といわれてしまう最大の要因ではないかと考えています。

### GIDORAの水プロフィール

しかし、GIDORAによって再構成を行うと、歯科用CTでも医科用CT(図7a)と同じようにノイズ成分が比較的小くなり、水の値は0付近でほぼ水平状態を示します(図8)。

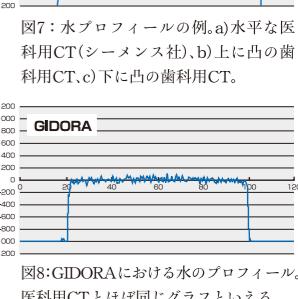
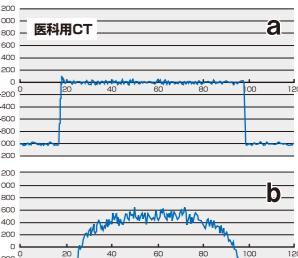


図7: 水プロフィールの例。a) 水平な医科用CT(シーメンス社)、b) 上に凸の歯科用CT、c) 下に凸の歯科用CT。

### 適正な補正処理とキャリブレーション

通常の「ビームハードニング補正」だけでなく、歯科用CT特有の「散乱線補正」や「はみ出し補正」など適正な補正処理を与えた上で水を0、空気を-1000にキャリブレーションすると、「CBCTでもCT値が出る。」ということを十河はGIDORAを開発する中から確信しました。GIDORAは、先月号の「金属アーティファクト除去」と今月号の「CT値が出る」という特徴を持ち、「優れた歯科用CT装置になるための優れたコーンビーム再構成である。」と自負しています。

1) II-3. CTによる骨質評価について委員会からのコメント: インプラントの画像診断ガイドライン・第2版, p9

[http://www.dent.niigata-u.ac.jp/radiology/implant\\_guideline\\_2nd\\_080901.pdf](http://www.dent.niigata-u.ac.jp/radiology/implant_guideline_2nd_080901.pdf)