



CT適塾

誌上かわら版

(題字：前田芳信教授)



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

www.ct-tekiyuku.net

CT適塾

検索

今月は「CT適塾・誌上かわら版」です。ちょっと固い話の「基礎編」ですが、先生方から質問をよく受ける「CTの細かさ」について説明します。

基礎編

■空間分解能、ピクセルとボクセル

一般的なデジタル画像において「細かさ」すなわち「空間分解能」を表現する際、「画素」「ピクセル(pixel)」という言葉をよく耳にします。デジタル画像は小さな正方形の「画素」「ピクセル」から構成され(図1a)、同じ画像を表現する場合には「画素数(ピクセル数)が高い」と細かく見えます(図1c)。

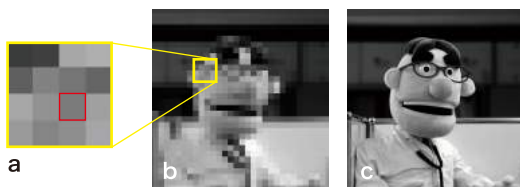


図1 a: デジタル画像は小さな正方形(画素、ピクセル)の集まり。赤い四角が「1ピクセル」。b,c: 空間分解能の違いを示す。bは縦32×横32pixels(1024画素)、cは縦512×横512pixels(約26万画素)。画素数が高いときれいに(細かく)見える。

CTは立体のデジタルデータですが、立体を構成する最小単位を「ボクセル(voxel)」といいます。語源は「volume(体積)」と「pixel(画素)」の合成語といわれています。

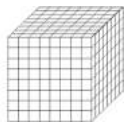


図2 ピクセルを立体でいうとボクセルになる。

■カタログにみる「ボクセルサイズ」は信用できない?!

歯科医師は「細かく診たい」と熱望するため、10年前の十河もそうだったようにCTのカタログの「ボクセルサイズ」に目がいきます。確かにボクセルサイズが小さくなるとガタガタと見える「ジャギー(jaggy)」は目立ちにくくなります。しかし、ボクセルサイズの定義はX線管球の焦点径を0mmに近似した「理論値」で実測値ではありません。また、そもそもCT撮影した画像が粗いと、その後いくら細かくコンピュータで画像分割しても意味がありません。

以前に厚み1mmのアルミニウム板に0.1, 0.2, 0.3, 0.4mm幅のスリットを刻んだ自家製ファントムを作製し(図3)、最小ボクセルサイズが0.08, 0.11, 0.16mmの歯科用CT 3機種でCT撮影をしました。すると、全ての装置で0.2mm以下は見えず(図4)、また0.08mmのボクセルサイズの画像よりもむしろ一番大きな0.16mmのボクセルサイズの画像が明確に見えました(図4cの黄○)。医用用CTではFWHM(半値幅)や10%MTF(変調伝達関数)で細かさを比較するようですが十河には難解。そのためスリットを示すラインペア(lp/cm)が視覚的に分かりやすいものの、歯科用CTではその表現はあまり見あたりません。

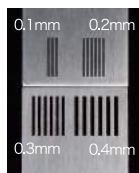


図3 自家製ファントム。

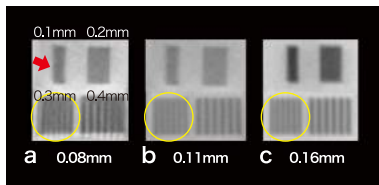


図4 0.08mmのボクセルサイズであっても0.1mmのスリットは見えない(aの赤色→)。最大のボクセルサイズを示す0.16mmのスリットが一番明確に見えているかもしれない(cの黄色○)。

■細かさに影響する「3つの物理的因子」

さて、CT画像の「細かさ」に影響する物理的因子が3つあります。(1)管球の「焦点径」、(2)検出器の素子サイズの「開口径」、(3)拡大率に影響する管球-検出器-被写体の配置関係の「ジオメトリ」です。しかしここまで言っておきながら、実は歯科用CTではこれらの影響はほとんどありません。

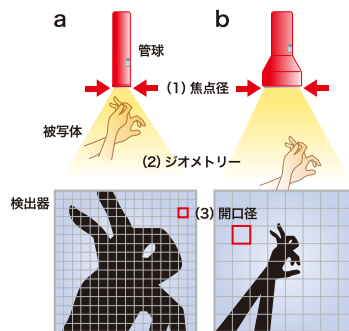


図5 aのようにX線管球の「焦点径」が小さく、検出器の「開口径」が小さく、さらに被写体が管球に近いと細かく写る。

というのも医用用CTとは異なり、歯科用CTの管球は自社製品ではなくその多くは0.5mm前後の焦点径です。また検出器も同じで自社製品ではなく、ほとんどの検出器がほぼ同じ開口径を示しています。さらにジオメトリもCTアームの回転バランスと設置面積を考えると、必然的に被写体はほぼ中央になります。以上のように、いずれの物理的因子も違いはほぼありません。

■濃度分解能も大事

図6をご覧ください。画像の細かさを比較すると、aもbも512×512の同じ空間分解能を示しています。しかし、明らかにaの画質は劣っています。空間分解能が同じなのに何故見え方が違うと思われるでしょうか?それは

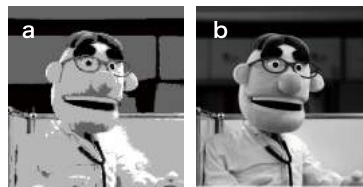


図6 濃度分解能の違い。a: 白黒は4階調で粗く見える。b: 空間分解能で256階調のためきれい。

白黒の「濃度分解能」が違うからです。歯科医師は常に「細かい画像を見たい」と思っていますが、細かさは「空間分解能」だけでなくこのように「濃度分解能」も関係しています。そんな濃度分解能を高く表現するには、X線の強弱を細かく認識できる検出器の能力「ダイナミックレンジ」が影響します。しかし、これも検出器のハード的な問題なので装置間の差はほとんどありません。

■何が「画質」をこんなに左右するのか? =再構成!

では何故ハード面ではほとんど同じ歯科用CTなのに、これほどまで各社のCT画像は違うのでしょうか? それは3次元画像を作る「再構成ソフト」が各社で大きく異なるからです(臨床家の端くれとして十河は診断に役立つ画質へのこだわりを込めて「GIDORA(ギドラ)」という再構成ソフトをiCATで作りました)。以上、再構成の違いによる歯科用CTの画質を見極めるにはボクセルサイズの値をあてにせず、特に歯科はクラウンなど金属の存在が細かさ以外にも画質を劣化させるために営業マンやカタログが示すチャンピオン画像だけを見るのではなく、(自分にクラウンがあれば好都合ですが)同じ被写体をCT撮影した実際の根管や顎骨を視覚的に比較することをお勧めします!

