

令和 2 年 6 月 2 日現在

機関番号：32622

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K11522

研究課題名(和文) 歯科用コーンビームCTのQuality control法の確立

研究課題名(英文) Development of new quality assurance phantom for cone beam computed tomography

研究代表者

荒木 和之 (ARAKI, Kazuyuki)

昭和大学・歯学部・教授

研究者番号：50184271

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：現在多種存在する歯科用コーンビームCT(CBCT)はそれぞれで特徴があるため比較に困難が生じていた。またそのため経時的に機器の状態が良好に保たれているか把握するのに適切なファントムがなかった。本研究では過去の報告を踏まえ、取扱も容易で経時的に測定しやすいようなファントムを作成し、その能力を複数のCBCT装置で測定した。その結果作成したファントムを用いることで、比較的容易に機器の状態を経時的に測定できることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、現在多種存在する歯科用コーンビームCT(CBCT)装置はその特性が様々であり、品質管理が難しかった。本研究で作成したファントムは精度も高く取扱も容易と考えられる。このファントムを用いCBCT装置の品質管理を適切におこなうことで、機器の特性を熟知せずに不必要な検査をおこなうことを防いだり、適切な機器の管理をすることで無用な被曝を抑えたりすることができる。これを広めることで社会全体の被曝低減と検査精度の向上に役立つことが期待できる。

研究成果の概要(英文)：Many kinds of dental cone beam CT (CBCT) now present and their characteristics are different each other. So there has been difficult to compare because of the characteristics in each. Also, for that reason there was no proper phantom to grasp whether the state of the equipment over time is maintained well. In this study, based on past reports, we developed phantoms that were easy to handle and easy to measure over time and measured their capabilities with multiple CBCT devices. As a result, it was shown that it is possible to measure the state of CBCT device over time relatively easily.

研究分野：歯科放射線学

キーワード：歯科用コーンビームCT 品質管理 quality assurance 物理的評価 空間分解能 CBCT ファントム 視覚評価

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

2000年代になって歯科用コーンビームCT (CBCT) が開発された。歯科用コーンビームCTは、一般的には高解像度、低被曝で歯や顎骨の三次元情報が得られる。このため、インプラント術前検査や歯内治療、歯周治療、埋伏歯の診断、変形性顎関節症の診断など広く利用される様になってきている。研究代表者らは、様々な疾患へのCBCTの応用について分析してきている (Iikubo et al, Comparison of bisecting and paralleling intraoral radiography and cone beam computed tomography for detection of various horizontal angle root fractures, Oral Radiol. 2015, Kapila et al. Relationships between third-molar juxta-apical radiolucencies and mandibular canals in panoramic and cone beam computed tomography images. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2014 など)。

その過程で、対象とする疾患によって、必要とされる解像度や撮影範囲 (FOV) が異なることがわかった。例えば歯内治療や歯根破折の診断には直径5cm高さ5cm程度のFOVで十分であるが非常に高解像度の必要がある。インプラント術前審査や矯正診断に対しては広いFOVが必要であるが解像度は歯内治療の時ほど高解像度は必要とされない。一方、多種発売されているCBCT装置でも、その装置により観察できる範囲 (FOV) や画像の質 (画質) ならびに被曝線量が異なっていることが示唆された。

### 2. 研究の目的

前述の様に各CBCTにより特徴は異なっている。

#### (1) 画質特性について

CBCTに限らずX線検査の質を評価する方法としては、空間分解能、コントラスト分解能、ノイズ特性、歪み特性などが重要とされている。また、これらは線量と密接な関係がある。我々はいくつかのCBCT装置について解像度や被曝などについて検討してきた。(Image quality assessment of three cone beam CT machines using the SEDENTEXCT CT phantom. Dentomaxillofac Radiol. 2013, Dose indices in dental cone beam CT and correlation with dose-area product. Dentomaxillofac Radiol. 2013, Absorbed and effective doses from cone beam volumetric imaging for implant planning. Dentomaxillofac Radiology. 2009,)。これらから、例えば画素サイズと空間解像度との関係が装置により一定でないことがわかり、解像度を議論する際には個々の装置で個別に測定する必要があることが示された。また、装置によってノイズは大きく異なっている。また、撮影条件が異なると被曝線量も違ってくるがノイズも異なってくる。ノイズが大きいと低コントラスト分解能が低下するので、診断精度が異なってくる。この様に、従来検討した装置だけでも、装置によりその特性は様々であり、CBCTとして十把一絡げに高解像度であるとか精度が高いとか言えないことが示された。多種のCBCT装置が発売され広範囲に利用されている現状では、各CBCT装置の特性を簡便に比較できる統一した測定法の開発・普及が急務である。

#### (2) 装置の品質管理について

装置の品質管理については、マルチディテクタCTでは、JIS規格 (JIS Z 4752 2-6) や国際規格 (IEC 61223-2-6) により、使用するファントム、測定方法、許容される誤差など詳細に規定されており、どの装置を使用してもある一定レベル以上の画質がえられることが保証されている。一方CBCTでは、ヨーロッパではEuropean commission on radiation protection No172の中にCBCTの品質管理法が提唱されている。それに準じたファントムも1種は発表されている。しかしながら我々が試用した範囲では、ファントムの精度は比較的高いものの取り扱いが非常に困難で日常の品質管理に利用するには困難を伴う。本邦では歯科医学会プロジェクトでもいくつか検討されている。そのいくつかに研究代表者も携わったが、残念ながら精度が高くかつ簡便な品質管理の規定と対応するファントムの開発はまだ不十分である。このため、現状では(1)で示したような画像特性を測定したとしても、日々の臨床でその特性が経時的な変化なく診療に耐える精度で十分に得られている保証はない。

そこで本研究では、ヨーロッパのファントムと方法を参照にしながら、簡便で十分な精度のある品質管理方法の確立とそれに使用するファントムを開発することを目的とする。

### 3. 研究の方法

#### (1) CBCT用特性ファントムの作成

①現在市場にある様々な材料から、硬組織に類似する特徴を持つ材料を選ぶ。そのためにはPubmedやWikipediaなど公開されている様々なデータベースを用いる。また、選んだ材料をX線撮影し、確認する。

②機器特性と品質管理の両方に応用できる画質特性として解像度とノイズを選ぶ。それを簡便に測定できるファントムを設計する。

#### (2) 特性ファントムを用いたCBCT装置の特性の測定と品質管理の検討

上記(1)で作成した特性ファントムを用いて解像度とノイズを複数の装置で経時的に測定し、特性ファントムがCBCT装置の特性の分析と日常の品質管理に適しているか検討する。

### 4. 研究成果

(1) 特性ファントム A の作成

ファントムの材料としては人工ハイドロオキシアパタイトを選んだ。これを使い、過去の報告を元に解像度とノイズおよび濃度特性を測定できるファントムを作成した。作成したファントムの画像例を Fig. 1 に示す。各ファントムは直径 10mm 厚さ 2mm のハイドロオキシアパタイトからなり、そこに直径 0.8mm、1.0mm、1.25mm の穴が各 3 個あるものと穴がないものからなる。ハイドロオキシアパタイトの多孔性 0%、30%、50%、85% の 4 種類とした。

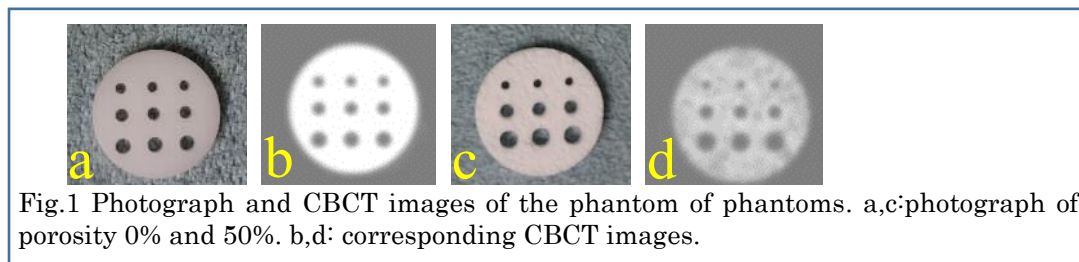


Fig.1 Photograph and CBCT images of the phantom of phantoms. a,c: photograph of porosity 0% and 50%. b,d: corresponding CBCT images.

(2) 特性ファントム A を用いた CBCT 装置の特性測定と品質管理

上記 (1) で作成した特性ファントム A を用いて CBCT 装置の特性を検討した。装置は照射野を変更できる KaVo 3D exam (KaVo: KaVo Dental Systems, Tokyo, Japan) を用いた。濃度特性、ノイズ、解像度の結果を Fig. 2, 3 に示す。

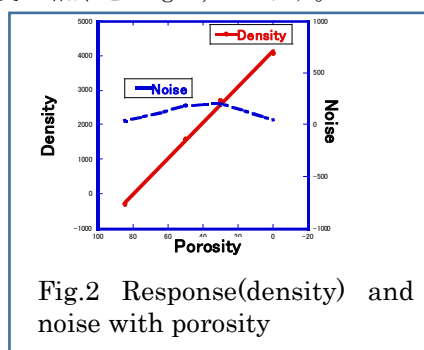


Fig.2 Response (density) and noise with porosity

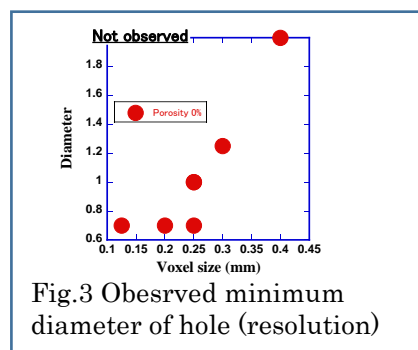


Fig.3 Observed minimum diameter of hole (resolution)

濃度読性はファントムの porosity に対応して直線性を示し、ノイズはほぼ一定であった (Fig. 2)。解像度はボクセルサイズにある程度まで対応して変化していた。これらより作成したファントム A は装置の特徴を十分に測定でき、ファントムも小さく取扱も容易であった。

(3) 特性ファントム B の再検討

上記で作成した特性ファントム A を用いて CBCT の品質管理として経時的な変化を測定しようとしたが、ハイドロオキシアパタイトからなるファントムはもろく途中で破損し、経時的に長期に使用する品質管理用ファントムとしては不適切ということが判明した (Fig 4)。そこで方針を変え、X 線学的特性のみならず機械的強度も含めてファントム材質を再検討した。結果テフロンが適切となった。テフロンで特性ファントム B を作成した (Fig. 5)。

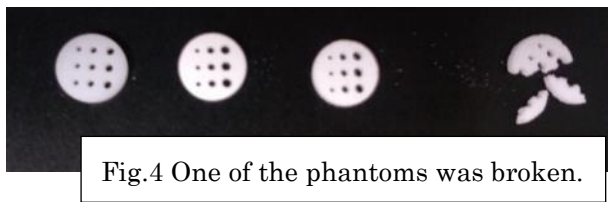


Fig.4 One of the phantoms was broken.

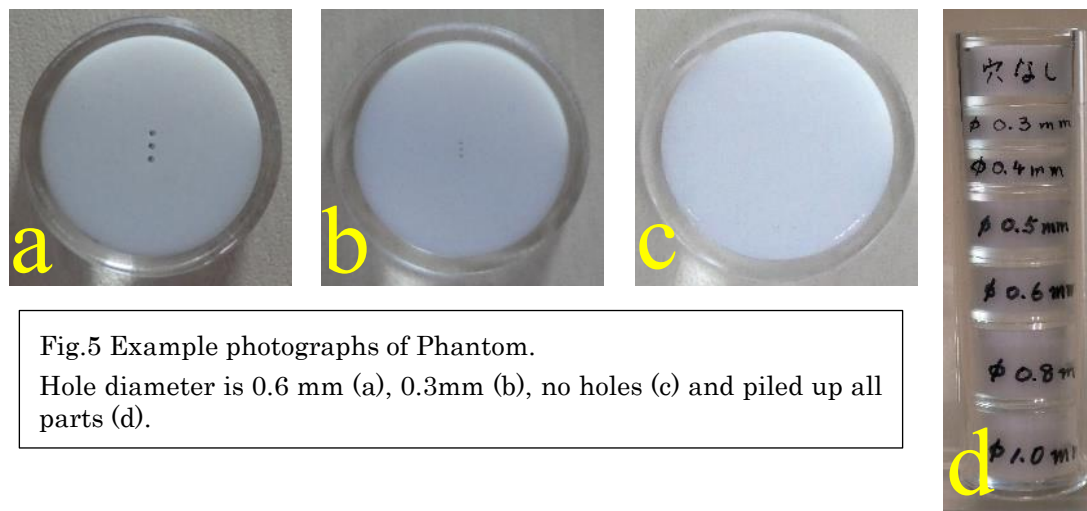


Fig.5 Example photographs of Phantom. Hole diameter is 0.6 mm (a), 0.3mm (b), no holes (c) and piled up all parts (d).

ファントムの直径は 20mm で、それぞれ直径 0.3mm、0.4mm、0.5mm、0.6mm、0.8mm、1.0mm の穴が 3 個ずつ空いているものと穴が無いもの計 7 種からなり縦に並べて撮影する方式とした。

(4) 特性ファントム B を用いた CBCT 装置の特性測定と品質管理

特性ファントム B を用い CBCT 装置の特性を検討した。特性が大きく異なる小照射野 (3DX:3DX multi-image micro CT, Morita, Kyoto Japan) と大照射野 (KaVo) を用いた。ノイズ、濃度測定サンプル画像を Fig. 6 にその結果を Fig. 7 に示す。

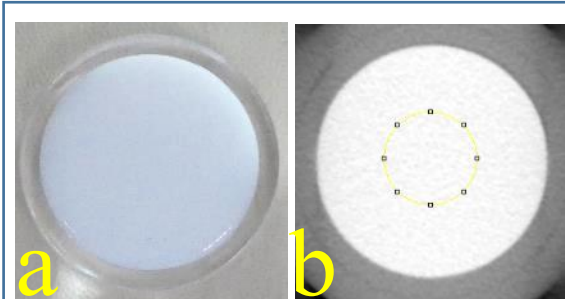


Fig.6 a: Photograph of phantom with no hole and b: CBCT image and ROI for measurement of gray value and noise (3DX, 0 month)

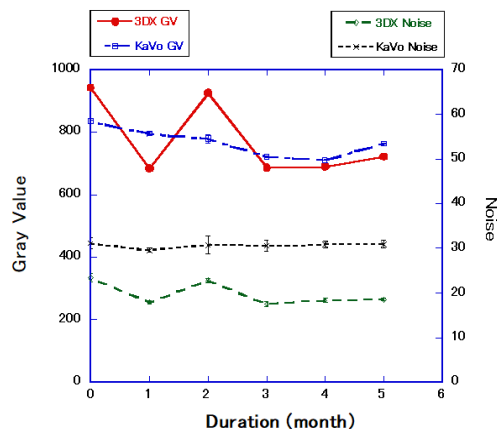


Fig.7 Gray value (GV) and noise during experimental period.

濃度は 3DX と KaVo で異なる濃度値を示し、MDCT の様に絶対的ではなかった。また 5 ヶ月間では、kaVo の濃度値は比較的安定していたが、3DX では上下の変動が大きかった。変動係数は、3DX が 0.16 KaVo が 0.07 であった。ノイズについては 3DX が KaVo より低い値を示した。一方 5 ヶ月間の変化では、kaVo はほぼ一定であったが、3DX は変化が大きかった。変動係数は、3DX が 0.13, KaVo が 0.02 であった。

解像度様のファントム CBCT 画像を Fig. 8 に解像度の結果を Fig. 9 に示す。

Hole size and the time of acquiring images			
	0.4mm, 0 month	0.3mm 0 month	0.3 mm 5 month
3DX			
KaVo			

Fig.8 Example CBCT images of phantoms with holes.

解像度の結果は 5 名の歯科放射線科医の平均を示している。5 か月間での平均の解像度は 3DX が 0.46mm、KaVo が 0.54mm であった。ただ、グラフに示すように個人差が比較的大きく、SD が大きくなった。ファントム自体は直径 2cm で最大でも 7 個の組み合わせであり取扱は容易で、テフロン製のため機械的強度など安定性にもすぐれていた。

これらの結果から、CBCT の特性の測定と品質管理に今回開発した特性ファントム B は有効と考えられた。

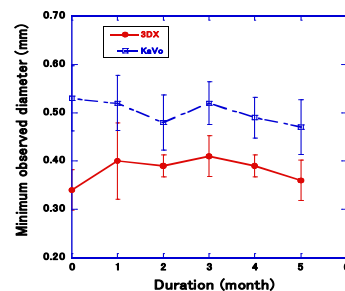


Fig.9 Resolution values during 5 months

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Araki K, Matsuda Y
2. 発表標題 Development of a New Phantom for Cone Beam Computed Tomography
3. 学会等名 96th International Association for Dental Research (IADR) general session (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Araki K, Matsuda Y
2. 発表標題 A New QA Phantom for cone beam computed tomography
3. 学会等名 22nd International Congress of DENTO-MAXILLOFACIAL RADIOLOGY (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	小林 馨 (KOBAYASHI Kaoru) (50139614)	鶴見大学・歯学部・教授  (32710)	
研究分担者	飯久保 正弘 (IIKUBO Masahiro) (80302157)	東北大学・歯学研究科・講師  (11301)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	倉林 亨  (KURABAYASHI Tooru)  (60178093)	東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・教授    (12602)	