

令和元年6月13日現在

機関番号：12602

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K20382

研究課題名(和文)インプラント術前検査の被ばく低減の追求：歯科用コーンビームCTの線量設定と画質

研究課題名(英文) Pursuit of reducing radiation dose by preoperative examination for dental implants: scan settings and image quality of cone-beam CT for dental use

研究代表者

能村 嘉一 (NOMURA, Yoshikazu)

東京医科歯科大学・歯学部附属病院・医員

研究者番号：60632081

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究計画は、当初術前検査を想定したが、得られた知見に伴い術後検査にも範囲を広げた。結果、歯科用コーンビームCT(CBCT)の(1)リングアーチファクトと(2)金属アーチファクトに関して新たな知見が得られた。

(1)については、ガントリーの回転軸に近いほどノイズが強いことを明らかにした。

(2)については、医科用CT画像のノイズに対して報告されていた極値解析を用いた手法がCBCTに応用可能であることと、撮影設定を変えることで線量を変えずにノイズを低減できることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によりリングアーチファクトと金属アーチファクトについての新たな知見が得られた。

CBCT画像では撮影範囲内の中心付近が分解能が高いという報告があるが、我々はリングアーチファクトも同部付近で強いという知見を得た。歯根破折等を評価する場合は必ずしも歯根を中心に設置しない方が良い可能性がある。

また、CBCT画像上のチタンインプラント体の周囲には金属アーチファクトが発生するが、医科用CTで報告されていた手法を応用して、これを定量的に評価できることを確認した。また、線量(CTDIvol)を維持したまま、撮影設定の変更により金属アーチファクトを低減できることも確認した。

研究成果の概要(英文)：Although the target of this study plan was initially preoperative examinations using cone-beam CT for dental use (CBCT), postoperative examinations were also included due to the obtained findings. As a result, new findings were obtained regarding (1) ring artifacts and (2) metal artifacts caused by titanium implants in CBCT images.

In regard to (1), the ring artifacts of CBCT images had hardly been discussed so far; however, it is difficult to avoid those. We developed the technique to evaluate ring artifacts in CBCT images. In addition, we found that the closer to the gantry rotation axis, the stronger the noise.

In regard to (2), we found that the technique using the extreme value analysis reported for streak artifacts in medical CT images was applicable to metal artifacts in CBCT images. Moreover, we indicated that noise could be reduced by changing the scan settings without changing the dose.

研究分野：歯科放射線画像学

キーワード：歯科用CT 画質 インプラント 雑音 ノイズ 金属アーチファクト 撮影設定 CBCT

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、既存の医科用 CT と比較して、より低被ばく線量で、かつ、硬組織に対する高分解能を誇る歯科用 cone-beam CT (CBCT) が、様々な歯科用診療検査目的に急速に普及している。具体的な用途を挙げると、埋伏歯抜歯前や根管治療前の診断あるいは顎関節症の骨変形評価などが挙げられるが、特にインプラント治療の術前診断として用いられるケースは数多い。現在、医療被曝への関心が増している中、医科用 CT より低被ばく線量の CBCT が用いられるケースが増えることは極めて合理的なことである。X 線の照射線量は、管電圧、管電流、照射時間によって決まり、照射線量を下げると被ばく線量が下がるが、画質もまた劣化する。しかしながら今日、CBCT の臨床ケースでの運用にあたって実際にどの程度まで X 線の照射線量を低減することが可能なのかというエビデンスについては、現在にいたっても未だに十分に存在しているとは言い難い。

今日の CBCT 機種を用いた低被ばく線量での画質評価については、申請者が知る限り殆どなく、現在、CBCT による低被ばく線量撮影を追求するために、CBCT の照射線量と画質についてのエビデンスを得ることが研究開始当初から今にいたるまで急務であり続けている状況である。

2. 研究の目的

本研究計画の当初目的は、主にインプラント治療の術前診断を念頭に置いて照射線量と画質についての知見を得ることを目的としたが、新たな知見が得られた経過に伴い、研究の目的の修正を行った。すなわち、臨床において CBCT 画像の画質に影響を与えながら、かつ、回避が困難なリングアーチファクトと金属アーチファクトについての評価にまずフォーカスを置くことにし、また、術前診断に限らず術後診断にまで範囲を広げた。そしてこれらの研究の遂行をまず行うことにした。これらについての具体的な研究の目的は、これまで CBCT でほぼ議論されていなかったリングアーチファクトの評価法を確立すること、そして、医科用 CT で報告された極値解析を用いたノイズ評価方法() をチタン製インプラント体に起因した CBCT の金属アーチファクトの測定に応用すること、の二点とした。

< 引用文献 >

Imai, K., Ikeda, M., Wada, S., Enchi, Y., & Niimi, T. (2007). Analysis of streak artefacts on CT images using statistics of extremes. *British Journal of Radiology*, 80(959), 911–918. <https://doi.org/10.1259/bjr/93741044>

3. 研究の方法

CBCT 画像のリングアーチファクトについて下記の (1) (2) を、金属アーチファクトについて下記の (3) を順に行った。

(1) CBCT のリングアーチファクトについて評価するために、まずヒト頭部を想定した円筒状のウォーターファントムを撮影した。この際の位置づけは、ウォーターファントムの中心軸を CBCT のガントリーの回転軸の中心と一致させた。水平断面画像を DICOM データとして出力し、この研究のために我々が開発した解析用ソフトウェア上に転送した。このソフトウェアを使って、水平断面画像上に中心から同心円状に等間隔に設定した関心領域 (Region of interests: ROI) を設定し、その平均画素値を算出した。こうして得られた中心から辺縁方向への平均画素値のプロファイルには、リングアーチファクト以外のノイズに由来する辺縁のノイズと低周波成分からなるトレンドが含まれる。そのため、辺縁についてはデータを削除し、トレンドについては三次近似曲線として差分を取り、リングアーチファクトを抽出した。得られた中心から辺縁方向へのリングアーチファクトについて中心付近と辺縁付近で分散に有意差があるかを Leven's test で評価した ($p=0.05$)。

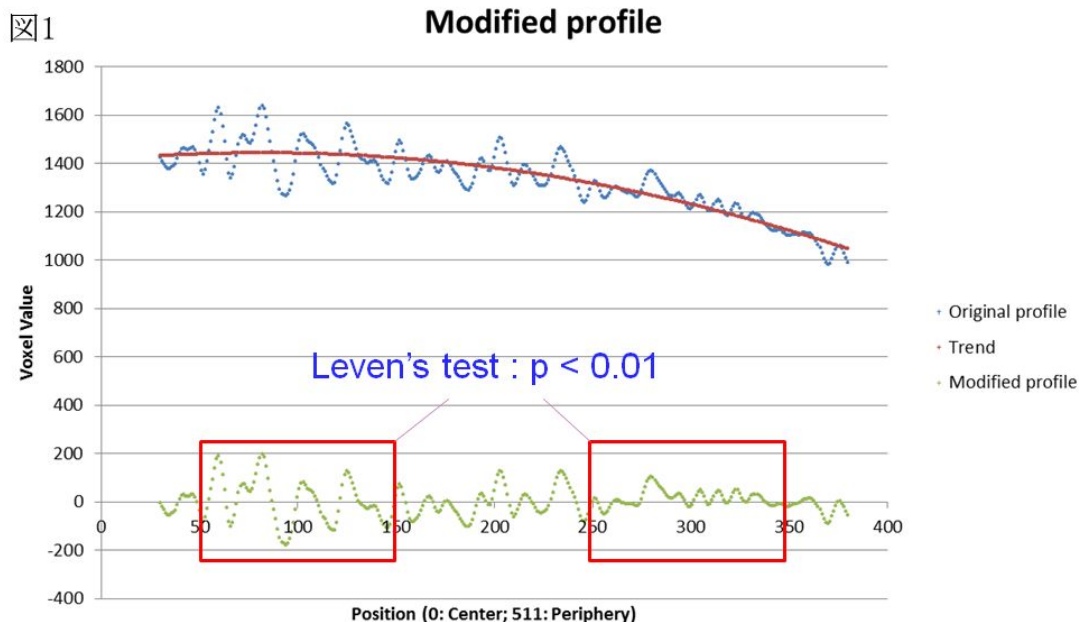
(2) 上記 (1) の方法では中心最近傍のデータが得られないという問題があったので、方法を改良した。解析用ソフトウェアを改修し、ウォーターファントムの水平断面画像上に ROI を設定するのではなく、中心から様々な方向に辺縁までプロファイルを設定し、そのプロファイル上の画素値を全プロファイルで平均化することにより中心から辺縁までのリングアーチファクトのプロファイルを算出した。その後は上記 (1) 同様、Leven's test で中心付近と辺縁付近で分散に有意さがあるかを評価した ($p=0.05$)。

(3) チタンインプラント体が発生させる金属アーチファクトを評価するために、上述の Imai らの極値解析を用いた医科用 CT 画像のノイズ評価方法の応用が出来るかを確認した。すなわち、ヒト頭部を模したウォーターファントムの内部に直径 4 mm・長さ 4 cm のチタン棒を設置し、ほぼ同じ CTDIvol の二種類の管電圧・管電流設定で CBCT を用いて撮影した。水平断面画像を DICOM として出力し、この研究のために我々が開発したソフトウェア上に転送した。このソフトウェアを用いて、Imai らの方法をベースとして画像上に現れたアーチファクトに直行する長さ 53 ボクセル・170 列の ROI を設定した。各プロファイル内の隣接画素の最大差分について極値解析を応用できるのかを確認した。その後二種類の管電圧・管電流設定の画像において、チタンインプラント体によるアーチファクトの強さに有意差があるかを極値解析と Mann-Whitney U test を用いて評価した ($p=0.05$)。

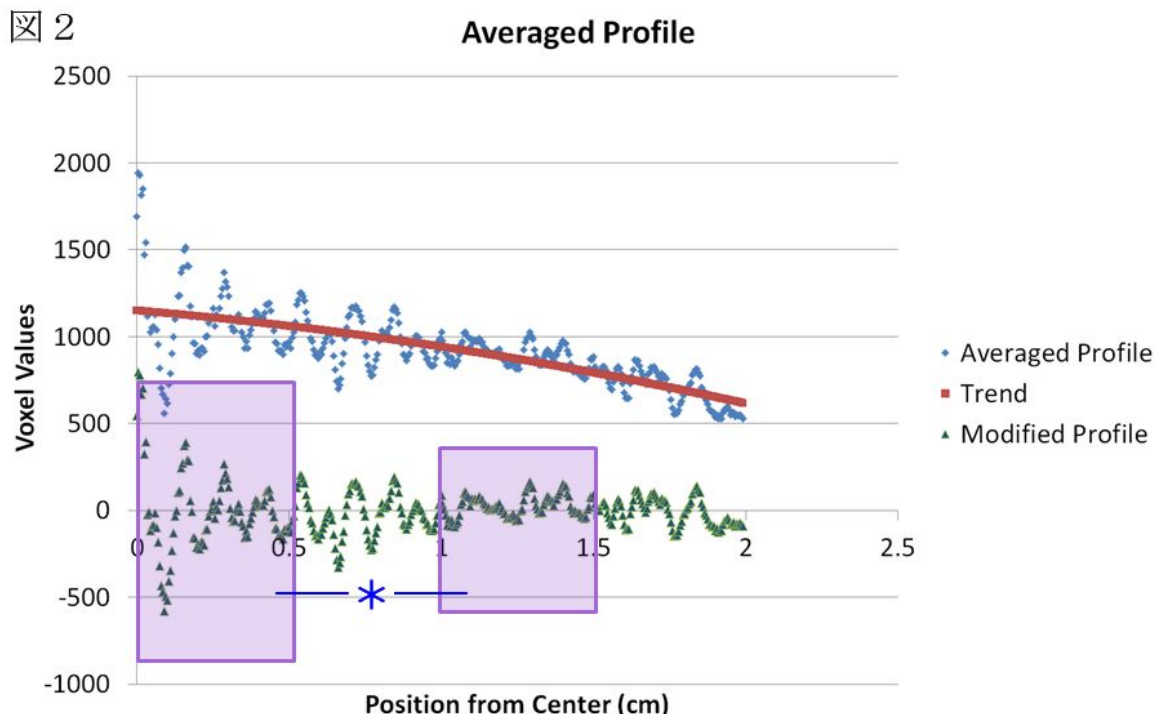
4. 研究成果

本研究では、CBCTの画質研究のうち当初分解能と雑音(この場合は粒状性)を想定していたが、得られた知見に伴い予定に変更を加え、CBCTの雑音であるリングアーチファクトと金属アーチファクトについての実験を期間中に行った。

リングアーチファクトに関して、前項の(1)で示した通りリングアーチファクトの測定方法を考案し、ヒト頭部を想定したウォーターファントムを撮影してそのリングアーチファクトを測定した。リングアーチファクトはCBCT画像の水平断面の中心から同心円状に現れる雑音であるが、完全な回避は困難でありながら今までほぼ議論されることがなかった。得られた画像を我々がこの研究のために開発したソフトウェアで解析した所、リングアーチファクトとして図1に示すOriginal profileが得られた。本来均一な水を撮影したので画素値も均一になるはずであるが、CBCT画像には様々なノイズが発生するために均一にならない。リングアーチファクトもこのノイズの一種である。このプロファイルから低周波成分のトレンドを除去したものがModified profileであり、今回の研究対象であるリングアーチファクトを示す。図1のX軸は、0が水平断面画像の中心で、511が最も辺縁を示す。水平断面画像の中心付近と辺縁付近で画素値の分散についてLeven's testを行ったところ有意差が認められ($p < 0.01$)、中心付近の方がリングアーチファクトが強い事が明らかになった。ただしこの方法には、中心の近傍では正確な評価が困難であるという問題があった(図1におけるPositionが0-30の範囲内)。



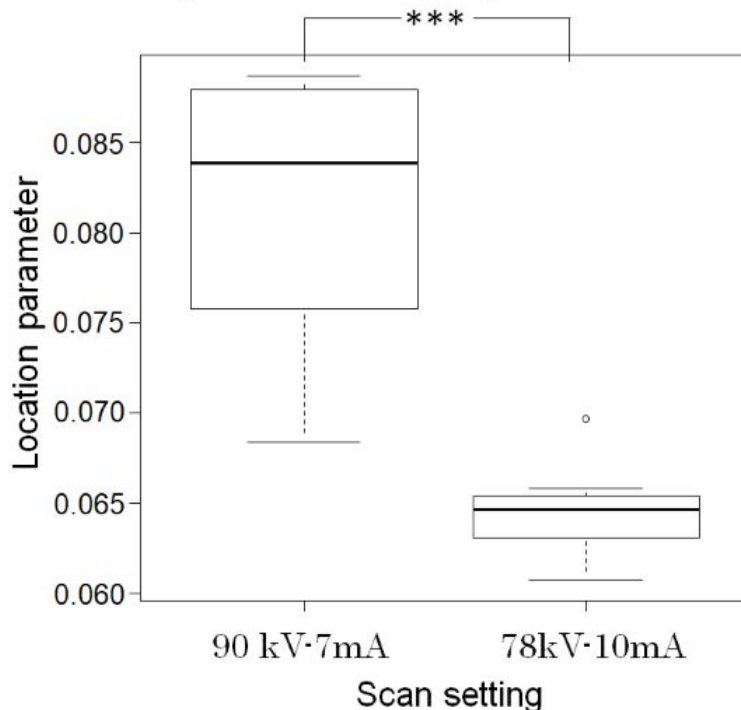
その後、中心付近のリングアーチファクトの評価も可能とするため、前項の(2)で示した手法の改良を行った。結果は図2で示す通りであった。図2のAvaraged Profileは、図1のOriginal Profileに相当する。



手法の改良により、画像の中心付近についてのリングアーチファクトまで評価できるようになったため、中心から 0.0-0.5cm の範囲と 1.0-1.5cm の範囲で画素値の分散について Leven's test で評価したところ、 $p < 0.05$ であり、有意差が認められ、水平断面画像の中心付近でリングアーチファクトが強い事が示された。CBCT の撮影の際、撮影範囲が医用 CT ほど広くないということもありスキャンターゲットの歯を撮影範囲の中心に設置するということとはよくあることである。また、既存の研究で医用 CT や CBCT は撮影範囲の中心付近は辺縁付近に比べて分解能に優れるという報告もあるが、リングアーチファクトの観点に立った場合、本研究結果からはスキャンターゲットを水平断面の中心に設置することは不利になる場合があるかもしれないということを示したのが本研究の新規点である。総合的な画質の評価、ひいてはスキャンターゲットの位置付けについて更なる研究が必要である。なお、ここまで述べたリングアーチファクトに関する知見について、学会発表を 3 回行った。

次に、CBCT 画像の金属アーチファクトについてであるが、CBCT では現時点でなお金属アーチファクトが最も重大な問題点の一つであるが、チタンインプラント体が発生させる金属アーチファクトについて、前項の(3)で示した通り極値解析を用いた評価方法を CBCT 画像に応用できるか確認を行った。Imai らは極値解析をある画像の雑音に適用可能であるかを確認する方法を紹介しており、ウォーターファントム内にチタン棒を置いて撮影した画像について確認した結果、CBCT 画像にも Imai らの報告した極値解析を用いた雑音評価法を応用可能であることが確認された。更に、ほぼ同等の CTDIvol である、管電圧 90kV-管電流 7mA の CBCT 画像と 78kV-10mA の CBCT 画像についてチタン棒による金属アーチファクトの強さを評価したところ、図 3 の様な結果が得られた。Location parameter が金属アーチファクトの強さを示し、これらの撮影設定の間には Man-Whitney U test により有意差が認められ ($p < 0.001$)、ほぼ同等の CTDIvol であるにも関わらず、90kV-7mA の方が金属アーチファクトが強かった。これらの研究結果は、これまで医用 CT 画像の雑音評価にのみ報告されていた極値解析を用いた手法が CBCT にも応用可能である点、そして、同等の照射線量でも撮影設定次第で金属アーチファクトの低減が可能であることを定量的に確認したことが本研究の新規点である。この知見は、ひいては金属アーチファクトが予期されるケースにおいて撮影設定及び照射線量の最適化をもたらす可能性があり、チタン以外の金属アーチファクトなど、更なる研究を行っていく所存である。これらの金属アーチファクトの知見については、学会発表を行った他、2019 年 6 月 9 日現在、英文論文誌に投稿中であり査読を待つ状態となっている。

図 3 Box plots of location parameters



5. 主な発表論文等

[学会発表](計4件)

能村嘉一、渡邊 裕、神山洋介、倉林 亨、歯科用コーンビームCTの管電圧と管電流が金属アーチファクトに与える影響、第83回口腔病学会学術大会、2018

能村嘉二、渡邊 裕、神山洋介、倉林 亨、歯科用コーンビームCTにおけるリングアーチファクトに対する新たな定量的評価、第82回口腔病学会学術大会、2017

能村嘉二、渡邊 裕、神山洋介、倉林 亨、歯科用コーンビームCTにおいて不可避であるリングアーチファクトに対する定量的評価、第81回口腔病学会学術大会、2016

能村嘉二、渡邊 裕、神山洋介、倉林 亨、歯科用コーンビームCTのリングアーチファクトの測定、第80回口腔病学会記念学術大会、2015

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号(8桁)：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

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。