

平成 21 年 3 月 31 日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19592179
 研究課題名（和文） Tomosynthesis を応用した口外法による齲蝕診断法の確立に関する研究
 研究課題名（英文） Study on the caries diagnostic method using extra-oral tomosynthesis method
 研究代表者
 荒木 和之（ARAKI KAZUYUKI）
 昭和大学・歯学部・准教授
 研究者番号：50184271

研究成果の概要：

歯のう蝕の診断には従来口の中にフィルムを入れて X 線撮影を行う口内法が使われてきた。この方法は異和感が強い。この研究では口の外に検出器を置き X 線検査する方法（TACT 法および VT 法）を考案し、その診断能力について検討した。その結果 VT 法、TACT 法ともに従来の X 線検査法と同等の診断の能力があり、かつ被曝は従来歯科で汎用されているパノラマ撮影法の 2 倍程度であることが示された。これよりこのう蝕診断法は臨床に有用なことが示された。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：歯科放射線学

科研費の分科・細目：病態科学系歯学・歯科放射線学

キーワード：歯学、う蝕、画像診断、tomosynthesis、X 線

1. 研究開始当初の背景

う蝕、特に隣接面齲蝕の診断は口内法その中でも咬翼法が最も信頼性があるとされている。しかしこの最も信頼性がある咬翼法でさえ、その正診率は 65%、感度は 45%といわれかなり低いものであり、また、齲蝕の深さの判定は過小評価しやすいとされている（White SC 1997, Kang BC 1996）。さらに、この口内法（咬翼法）を診断法として用いる場合いくつかの欠点が指摘されている。これには、増感紙を使用しないフィルムを用いているため(1)感度が低く被曝が多くなる、フ

ィルムを口腔内に挿入するのでその(2)違和感が強いこと、(3)フィルムや手指の消毒が必要なこと、撮影者個人の(4)技術レベルの違いが得られる画質に大きく影響するため、画像の診断価値が大きく異なってしまうこと、などがあげられる（Khan 2004）。この欠点を克服するために、口腔外にフィルムおよび X 線発生装置をおく口外法でのう蝕診断の検討がなされてきているが、そのほとんどがパノラマ X 線撮影法についてであり、咬翼法より診断能が劣っている結果である（Ahlgvist M 1981, Davies EE 1977, Flint

DJ 1998, Horton PS 1977, Hurlburt CE 1976) わずかに Khan らが scanogram という方法で比較して、咬翼法と差が出なかったという結果を示している。しかし、この方法では患者被曝線量が比較的多くなってしまふ欠点が指摘されている。一方、病変を三次元的に捉え表示することは、病変の診断ならびに治療に非常に有効である。このため画像診断の分野では断層法や Computed Tomography (CT) や Magnetic Resonance Imaging (MRI) などが開発され、歯科領域でも腫瘍の診断などに利用されてきた。しかしながら、齲蝕を三次元的に診断することは今まで検討されていなかった。それは、これらの方法が元来医科領域にあわせて開発されたものであり、解像度が低く、また口腔領域によく見られる歯冠修復物などの金属によるアーチファクトのため診断できない場合が多くある。また被曝線量も多い、などの欠点があるためと考えられる。最近、開発されたコーンビームを用いた小照射野 X 線 CT (Arai 1999, Araki 2004) は、医科用の CT と比べると比較的 low 被曝線量であるものの被曝は少ないとは言えない。また、金属によるアーチファクトの影響は生じてしまうのが現状である。これに対し、tomosynthesis といわれる原理を応用した tuned aperture computed tomography (TACT) は X 線発生装置と、被写体を透過後の X 線をとらえるセンサーを用い、これを一対として被写体に対して角度を変えた複数の画像を撮影し、それらの画像をコンピュータ処理することで任意の断面の画像を作成するシステムである。解像度が高く、しかも X 線の被曝量は低く押さえることができ、歯冠修復物などの金属アーチファクトが生じない、口腔外にセンサーを設置して歯の断層像を得ることができ、感染や不快感などの障害が生じない。また、複数の断層像から齲蝕を三次元的に捉えることで齲蝕の検出能のみならず、その深さまで信頼性の高い診断ができる可能性が考えられる。さらに、研究開始後新たな画像再構成方法を用いた VT 法が提唱された。

2. 研究の目的

(1) 短時間で撮影できる口外法システムを構築し、従来の齲蝕の診断に用いられている咬翼法による診断と比較し、その有効性を明らかにする。

(2) 前述の様う齲蝕の診断は X 線画像によるところが大きい、しかも、欠点の多い口内法に依存している。本研究により従来わずかしか報告されていないパノラマ撮影法以外の口外法による齲蝕診断という新たな方法論を確立する。さらに、高感度のセンサーを用いることで被曝線量の低減も検討する。これにより、初期隣接面う蝕は経過観察ですむ

場合も多いが、この経過観察についても再現性が高く低被曝な画像検査法を提供できるようになる。

3. 研究の方法

(1) VT と TACT と口内法フィルムの比較 反対側を傾ける

我々が従来より検討してきた TACT 法と新たな画像再構成方法 VT 法と、現在歯科臨床で用いられているフィルムを用いた口内法で隣接面齲蝕診断能を検討した。TACT 法および VT 法は撮影時に患者の固定具であるバイトを調整し反対側を少し傾けて撮影することで反対側の歯による障害を減らした状態をシミュレーションした。対象は抜去上顎小白歯 20 本 40 隣接面とした。撮影にあたっては検討する歯の近遠心に歯を置き歯列弓を模した。撮影装置は OP200 (Instrumentarium Dental, Tuusula, Finland) をもちいた。撮影は TACT 法、VT 法ともに 11 投影の場合で検討した。撮影条件は 77kV, 6.3mA で照射時間は全体で 44 秒とした。撮影後 TACT 法 VT 法それぞれで各 11 投影から当該歯の隣接面が明瞭に描出される断層画像を平均 10 枚作成した。フィルムを用いた口内法は同じ試料を口内法撮影装置 HD-70 (アサヒレントゲン社) と Insight Film (コダック社) を用いて撮影した。撮影条件は 60kV, 7mA, 0.25sec とした。評価は各撮影法で得られた画像 (フィルム、TACT 断層画像、VT 断層画像) を用い、経験のある歯科放射線科医 1 名がおこなった。各画像をみて、齲蝕の有無について、1: 齲蝕は絶対ない、2: 齲蝕はおそらくない、3: どちらともいえない、4: 齲蝕はおそらくある、5: 齲蝕は絶対ある、の 5 段階で評価した。この評価点を元に ROC 解析をおこない、ROC 曲線下面積を求め、これを診断正診率の指標とした。ROC 解析には ROCKIT (Charles E. Metz, Department of Radiology, The University of Chicago) を用いた。判定の基準となる Gold standard としては MicroCT 装置 (XCT Research SA, Stratec, Birkenfeld, Germany) で当該歯を撮影した。その条件は 50 kVp, 0.5 mA でボクセルサイズ 50x50x50 μm の MicroCT 画像 50 枚を撮影し、TACT および VT 法の評価者とは別の歯科放射線医が齲蝕の有無について判定した。さらに VT 法では断層画像を作成するときの障害陰影をできるだけ除去する VTSharp という画像処理を付加した場合と付加しない場合とについて検討した。

反対側が水平

実験 では撮影時に患者の固定具であるバイトを調整し反対側を少し傾けて撮影することで反対側の歯による障害を減らした状

態をシミュレーションしたが、ここではそのような調整をせずに反対側を水平に保ったままの場合の齲蝕診断能を比較検討した。使用した装置、対象歯、判定者、結果の ROC 解析法は と同様におこなった。

(2) VT ノーマルと画像処理の比較

VT のみと VT に専用の画像処理を施した場合の診断能の変化を(1)のデータを元に分析し画像処理の効果を検討した。検討に利用した試料等は(1)と同じものを使った。

(3) VT の投影数の影響

VT 法では撮影時の投影画像数を 5 枚、7 枚、9 枚、11 枚の 4 種類から選択できる。この投影枚数の診断能のおよぼす影響について下記の 2 つの場合に分けて検討を行った。

反対側を傾ける

実験(1)の場合と同様に反対側をやや傾斜させて撮影する場合について検討した。検討に用いた試料や装置は実験(1)と同様である。投影数のみを 5、7、9、11 と変化させた。それに伴い照射時間は、20 秒、28 秒、36 秒、44 秒と変化した。

反対側が水平

実験(1)と同様に反対側を傾けない場合における投影数の診断能におよぼす影響について検討した。投影数は と同じく、5、7、9、11 の 4 種とした。その他は と同じで実験を行った。

(4) 被曝線量

撮影時の被曝線量を、実効線量として求めた。測定用ファントムはランドファントム (Rando Phantom; The Phantom Laboratory, New York) を、線量計として光刺激ルミネッセンス線量計 (OSL 線量計) を用いた。ランドファントムはスライスされており線量測定が必要な部位に線量計に適する穴が開いている。この該当する部位および皮膚表面に OSL 線量計を挿入して測定した (下図)。



測定は VT パノラミック撮影の場合と VT 投影撮影の場合の 2 種についておこなった。

VT パノラミック撮影

VT 法では最終的に得られた断面画像の位置をパノラマ X 線写真に類似の画像上で表示できる。この撮影をおこなう場合の線量を測定した。撮影条件は 66kV、10mA、? sec とした。臓器線量を求めるためにこの条件で 100 回照射して線量を計測し 1 回あたりの被曝線量を求めた。

VT 投影撮影

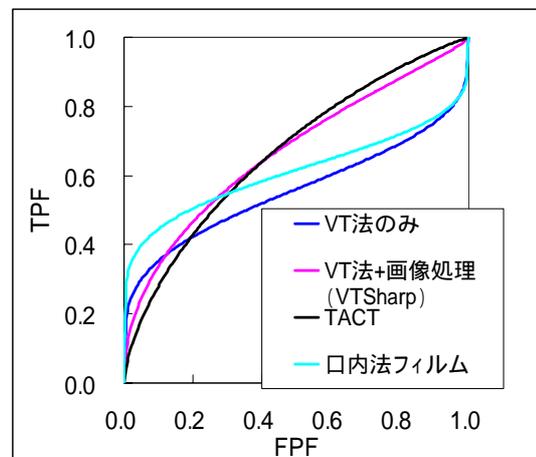
VT 法の断面画像を得るために投影画像を撮影する。この撮影をおこなう場合の線量を測定した。撮影条件は上顎臼歯部と仮定して 77kV、6.3mA、11 投影で 44sec とした。臓器線量を求めるためにこの条件で 50 回照射して線量を計測し 1 回あたりの被曝線量を求めた。

4. 研究成果

(1) VT と TACT の比較

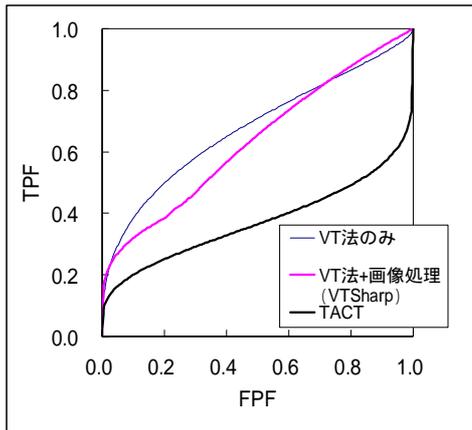
反対側を傾けた場合

判定結果から得られた ROC 曲線を示す。ROC 曲線下面積 (Az 値) は TACT 法で 0.67、VT 法のみでは 0.56 と TACT 法のみより低い傾向があったが、VT 法に専用の画像処理 (VTSharp) を付加すると Az 値は 0.67 と TACT 法と変わらなくなった。フィルムを用いた口内法では Az は 0.61 であり TACT 法 VT 法ともにフィルムと同等かそれ以上の診断能を示した。



反対側が水平の場合

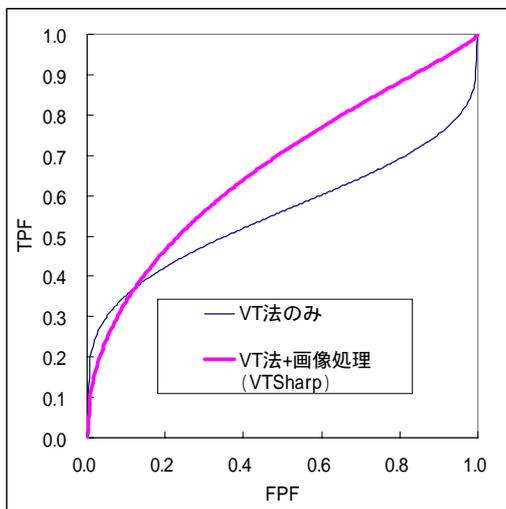
判定結果から得られた ROC 曲線を示す。ROC 曲線下の面積は TACT 法、VT 法、VT 法に専用の画像処理 (VTSharp) を付加したものいずれも Az 値は 0.67 と差を認めなかった。これより反対側を水平にした場合でも VT 法は有効と考えられた。



実験(1)の結果をまとめるとVT法はTACT法と同等に口外法としてう蝕の診断に有効と考えられた。撮影の方法はVT法はすでに半自動化されており容易に撮影ができる。一方、TACT法はすべて手作業でおこなう必要があり、VT法より明らかに不利である。そこでこれより以下の実験はVT法を臨床に応用することを念頭に置いてVT法でおこなった。

(2) VT ノーマルと画像処理の比較

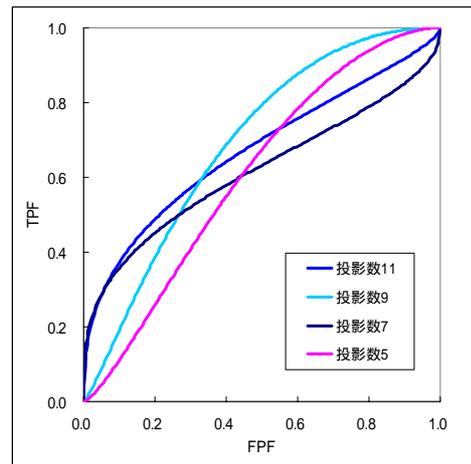
前述実験(1)のデータを元に画像処理の有無による比較をおこなった。投影枚数や反対側の有無により効果は異なってくるものの専用の画像処理を加えた方が診断能はやや高い傾向であった。下図にその一例を示す



(3) VT の投影数の影響

反対側を傾けた場合

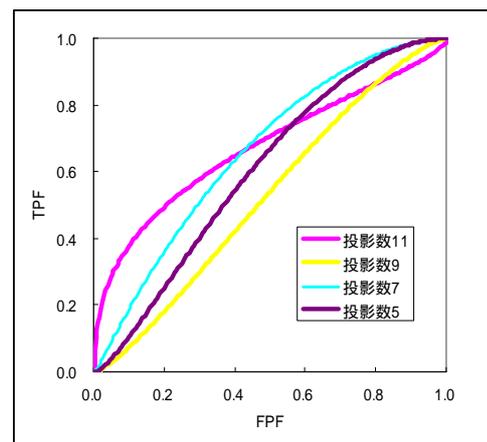
画像処理をおこなった場合の結果を示す。ROC 曲線下面積(Az 値)は投影数 11 の時 0.67、投影数 9 の時 0.68 とこの 2 つではほとんど変化がなかったが、投影数が 7 および 5 になるとこの両方の場合とも 0.61 となり明らかに低下していた。



画像処理をおこなわない場合でも同様の傾向であった。

反対側が水平の場合

下図は画像処理をおこなわない場合を示す。ROC 曲線下面積(Az 値)は投影数 11 で 0.68 であったが、投影数 9、7、5 では 0.55~0.65 の間となり投影数 11 よりやや低い傾向となった。



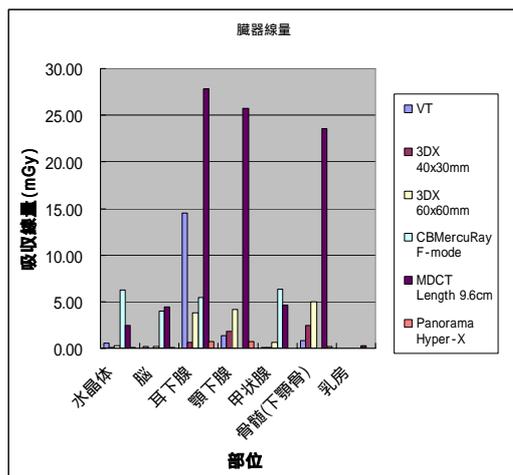
以上の結果より、多少の変動はあるものの、良好な診断能を得るには投影数は 11 回が望ましいと考えられた。

(4) 被曝線量

測定した臓器線量の結果を過去の報告とともに表およびグラフに示す。

各臓器線量は、照射野に含まれているかどうかで値が大きくなっていくが、断面像が得られる他の撮影法と比べてVT法は同等か少ない。パノラマ撮影法と比較するとやや多いという結果であった。

臓器線量のグラフ



臓器線量の表

	水晶体	脳	耳下腺	顎下腺	甲状腺	骨髄(下顎)	乳房
VT	0.57	0.20	14.48	1.36	0.12	0.78	0.01
3DX 80kV5mA 40x30mm Okano2008	0.06	0.04	0.67	1.78	0.12	2.47	0.01
3DX 80kV5mA 60x60mm Okano2008	0.25	0.19	3.81	4.13	0.62	5	0.03
CBMercurRay 100kV10mA F-mode Ludlow 2006	6.21	3.97	5.47		6.33	-	-
MDCT HiSpeedQX/i 120kV/100mA Length 9.6cm Okano 2008	2.45	4.43	27.81	25.77	4.63	23.52	0.24
Panorama Hyper-X 78kV/10mA Endo 2008	0.06	0.09	0.74	0.69	0.04	0.2	0

実効線量の測定値と過去の報告との比較を表に示す。ICRPによる荷重係数が1990年と2007年では大きくことなっているため、表には両方の値を示す。2007年の荷重係数で求めた実効線量では、VT法は25.4mSvとパノラマ撮影法の約2倍の値であった。3DXやコーンビームCTよりはかなり少なくなっていた。任意の断面を再構成できる検査法の中では、低被曝線量であると考えられた。

実効線量の表

	実効線量 (ICRP1990)	実効線量 (ICRP2007)
VT	8.8	25.4
3DX 40x30mm Okano2008	18.2	29.6
3DX 60x60mm Okano2008	31.1	49.9
CBMercurRay 100kV10mA F-mode Ludlow 2006	476.6	-
MDCT HiSpeedQX/i 120kV/100mA Length 9.6cm Okano 2008	595.7	768.9
Panorama Hyper-X 78kV/10mA Endo 2008	8.0	12.0
口内法(UNSCEAR 2000) (日本)	14.0	-

5. 主な発表論文等 なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

荒木 和之 (ARAKI KAZUYUKI)
昭和大学・歯学部・准教授
研究者番号：50184271

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

岡野 友宏 (OKANO TOMOHIO)
昭和大学・歯学部・教授
研究者番号：20124688
原田 康雄 (HARATA YASUO)
昭和大学・歯学部・准教授
研究者番号：30119250
関 健次 (SEKI KENJI)
昭和大学・歯学部・講師
研究者番号：00245820
松田 幸子 (MATSUDA YUKIKO)
昭和大学・歯学部・助教
研究者番号：50266178