

多機能パノラマ装置による
歯列・顎骨横断断層撮影における断層面

林 雅 則

Tomographic Objective Planes in Multifunctional Panoramic Machines
for Cross-Sectional Tomography of the Jaws

MASANORI HAYASHI

愛知学院大学歯学会誌別刷
第42巻 第1号 平成16年3月

Reprinted from
THE AICHI-GAKUIN JOURNAL OF DENTAL SCIENCE
Vol. 42, No. 1 March 2004

多機能パノラマ装置による 歯列・顎骨横断断層撮影における断層面

林 雅 則

Tomographic Objective Planes in Multifunctional Panoramic Machines for Cross-Sectional Tomography of the Jaws

MASANORI HAYASHI

*Department of Oral and Maxillofacial Radiology,
Aichi-Gakuin University School of Dentistry
(Chief: Eiichiro Aiji)*

The present study investigated adaptation of the tomographic objective planes to the jaws of modern Japanese in two multifunctional panoramic machines with different tomographic movements. For this purpose, we conducted the following three studies, using the slit method, which was modified based on the report of International Commission on Radiation Unit and Measurements (ICRU), for determination of tomographic objective planes. In the first study, to test the reproducibility of the method, three examiners (2 dentists and a radiological technologist) determined the objective planes 10 times. For evaluation of the accuracy, a special phantom was scanned in the positions of objective planes determined by the slit method. In the second study, a special slit was fabricated and applied to a machine with a function of spiral movement. Using these results, the third study was performed to clarify the relationship between the objective planes of the two machines and the positions of teeth in the modern Japanese jaw. Data on tooth positions were abstracted from CT data stored in our department. The reproducibility was sufficient and the accuracy appeared to show less than 1 mm of difference. The slit method was also verified to be an effective means for machines with a spiral movement function. Tooth positions determined by CT analyses generally corresponded to the objective tomographic planes in both machines. However, even in the same position of objective planes, the angles differed between the two machines. Therefore, the angles of the tomographic objective planes should be customized for each patient.

Key words: radiograph, cross-sectional tomography, jaws and tooth arch

I. 緒 言

パノラマ撮影装置を基本として断層撮影機能を搭載したX線撮影装置は、顎骨・歯列の頬舌的な横断像(図1)が撮影可能なことから、口腔インプラント診療における診断^{1~11)}をはじめ、種々の疾患の検査^{12~19)}に活用され、その有用性はすでに確認されている。現在、SCANORA®

(Soredex, フィンランド), COMMCAT/IS2000 (Imaging Science International, アメリカ合衆国), AZ-3000 (朝日レントゲン工業(株), 京都), Veraviewscope/epocs (モリタ(株), 京都) など様々な装置が実用化されている。これらの装置は、彎曲した歯列・顎骨に沿って配置された断層面を、被験者の頭部位置を変えことなく撮影する特殊な機能を持つため、複雑な制御駆動系を備えていることになる。このため、装置の評価、メンテナンス等においては、術者の意図する歯列顎骨の断層像が正確に

愛知学院大学歯学部歯科放射線学講座 (主任: 有地榮一郎)
(平成15年12月25日 受付)
(平成16年1月10日 受理)

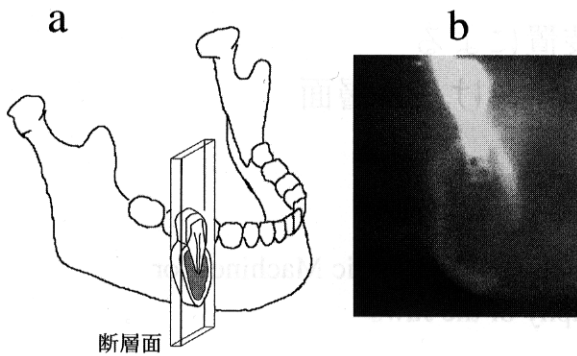


図1 歯列・顎骨横断断層撮影の断層面 (a), 断層X線像 (b)

撮影されるか否かを検証する手段が必要となる。また、その検証においては、医科用大型断層装置で評価の対象となる、断層中心の位置、振り角、および断層厚のみでなく、アーチ型をした歯列・顎骨上での断層面の位置と角度(X線の入射方向)も重要な項目となる。

この断層面の位置や角度は何らかの解剖学的データに基づいて設計されていると考えられる。しかし、各装置がどのような解剖学的データを基にして設計されているのか、どのような根拠で断層面の位置や角度が決定されているのかはほとんど明らかにされていない。したがって、装置の設定する断層面の位置や角度が被験者の顎骨に適合するか否かは検証されていない。実際に著者らは、同一被験者の同じ部位を異なる断層撮影装置で撮影すると、明らかに断層面の位置や角度が異なる画像が得られることを経験している。既製の断層面が個体差の大きな生体に対してどの程度適合しているのかを、異機種間で比較検討することは、これらの装置を使用する前提として重要と考えられる。

断層面を調べるために従来より用いられている一般的な方法は、金属の線や球を貼り付けた骨標本や様々な形態のテストチャートを撮影して画像を分析するものであるが^{8, 10, 20)}、被写体の作成、撮影、および結果の分析に煩雑な作業を要求される。奥村らは比較的簡便な方法として、管球からのX線束により自動的に断層面を描画させる方法を考案した²¹⁾。この方法は、International Commission on Radioation Units and Measurements (ICRU) レポートに記載されている細隙(スリット)絞りをを用いた断層振り角の評価法²²⁾を応用したものである。すなわち、同レポートに示された一つのスリットによる断層面決定法を、複数のスリットを並列したものへと拡張することにより、撮影する顎骨の部位によって異なってくる断層面の位置と角度を明示する方法(以後、スリット法)である。奥村ら²¹⁾は同法の理論的な正しさを証明

したが、精度については検討していない。さらにスリット法は、リニア断層撮影の断層面描出を目的として考案されたものであるため、円軌道および螺旋(スパイラル)軌道の装置では、各スリットからのX線束が重なり合っで断層面の描出が困難であろうと推測された。しかし、理論的には複数のスリットから出るX線を、各々独立したX線束と解釈すると、円軌道あるいは螺旋(スパイラル)軌道であっても、リニア軌道の場合と同様に、フィルム上に断層面を描出することが可能と考えられた。断層方式の異なる装置への応用が実証されれば、現存する大部分の装置が本法によって評価可能となり、有用性は大きい。

本研究の最終目的は、現在使用されている装置について、それらの断層面の位置や角度が現代の日本人にどの程度適合するかを調べることであるが、そのためにまずスリット法の精度および同法がスパイラル軌道の装置にも応用できるか否かを検証する必要がある。本論文は以下の3つの研究により構成されている。

1. スリット法による断層面決定の精度
2. 螺旋軌道装置への応用
3. 断層面適合性の検討

II. 材料および方法

1. 使用装置

リニア断層機能を備えたパノラマX線撮影装置として、AZ-3000を使用した。本装置におけるパノラマ断層軌道は、左右耳孔間の距離、および耳孔間を結ぶ直線と中切歯歯根部の水平的距離(以下切歯位置とする)をパラメータとして設定される。実際の患者撮影時におけるこれらの値は、頭部固定用のイヤードットと切歯位置づけ用のライトビームを被験者に適合させることにより自動的に求められる。装置には、この2つのパラメータに応じて変化するパノラマ断層軌道のデータが組み込まれており、患者サイズのパラメータが入力されると、それに基づいた軌道でパノラマ撮影がおこなわれる。リニア断層撮影の位置決定も同様に、耳孔間距離と切歯位置を設定した後に、術者が目的とする断層撮影部位を歯名で入力すると、装置が自動的に断層面を設定する。断層撮影におけるX線管移動方式は円弧移動方式であり、管球-フィルム間距離は51.5cmである。

螺旋(スパイラル)軌道により顎骨・歯列の断層エックス線撮影をおこなう装置としてSCANORAを使用した。SCANORAにおける断層撮影の位置決定は、AZ-3000と異なり、同装置で撮影されたパノラマX線写真を基におこなわれる。すなわち、被験者のパノラマX線写

真に対応したスケールで写真上の歯の位置を計測し、そこから割り出した位置座標のコード番号を装置に入力することにより、断層撮影される位置および正中矢状面に対する断層面の角度が変わり顎骨・歯列の頬舌的な横断像が撮影される機構である(図2)^{8,9,14)}。また、同一位置座標に対しても上下顎および観察目的別に上顎歯列、下顎歯列、下顎骨の3通りの断層面のシリーズが設定してある。

これらの装置を用いて以下を検討した。

2. 検討項目

1) スリット法による断層面決定の精度

断層面を描出する並列スリットは、奥村らの報告²¹⁾に従って作成した。すなわち、5列のスリットが管球側からフィルム側に向けて放射状に広がる扇形の形態である(図3)。材質は真鍮で、各スリットの幅は0.1mmとした。断層面を記録するフィルム(FUJI SUPER HR-S、富士写真フィルム(株)、東京)は、片面のみに増感紙(Lanex Fine screen、コダック社、アメリカ合衆国)を張り、撮影したフィルムを計測する基準となるピンホールを穿ったカセットに装填して使用した。精度の検討に用いたX線装置はリニア断層装置(AZ-3000)である。撮影種類は顎骨・歯列に対する横断面断層撮影、撮影部位第一大臼歯、X線照射条件は管電圧84kVp、管電流10mA、患者サイズのパラメータ耳孔間距離160mm、切歯位置80mm、断層振り角40°とした。

(1) 断層面決定の再現性(図4)

以下の操作を繰り返して断層面決定の再現性を検討した。

- ①装置を初期(リセット)状態にして(図4a)の如くX線照射口に並列スリットを取り付ける。
- ②並列スリットの前面に蛍光板を置いてX線を照射し、5本のスリット像が同時に蛍光板上に描出されることを確認しながらスリットの位置を微調整する。
- ③評価用フィルムを装填したカセットを、三脚を用い、撮影装置のフィルムホルダーの上下の中央に水平に位置づける(図4b)。
- ④撮影条件等を装置に入力してX線を照射後、フィルムは現像し、スリットは取り外し、装置は初期状態に戻す。
- ⑤現像したフィルム上のスリット像(図4c)における最も細くなった部分をトレーシングペーパー上にプロットし、これらを結んで断層面を求める。
- ⑥装置の正中矢状面を前述のピンホール像を基準として再現する。この正中矢状面に対する断層面の角度を計測する。

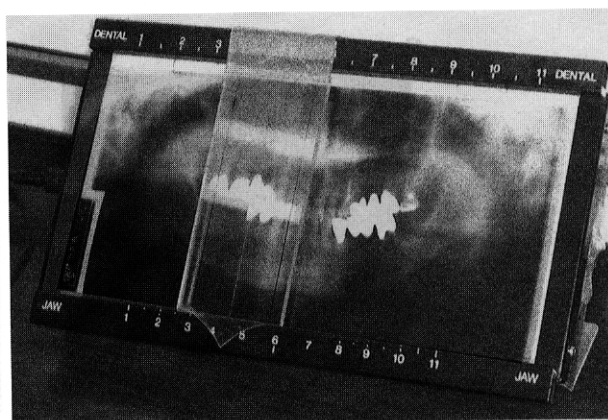


図2 螺旋軌道装置(SCANORA)における断層撮影の位置決定に用いられるスケール付き専用シャウカステン

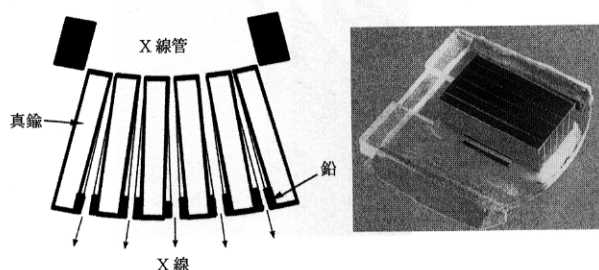


図3 並列スリットの模式図(左)および実物写真(右)

以上の①～⑥のプロセスを、複数日に渡って計10回繰り返した。プロセス①～④は3名(歯科医師2名、診療放射線技師1名)の共同作業とし、プロセス⑤、⑥における計測は各々が3回ずつおこない平均を計測値とした。

(2) 決定された断層面位置の正確性(図5)

決定された断層面が実際の断層面と一致するかどうかを検討した。検討には特製チャート(図5a)を使用した⁴⁾。特製チャートは60°傾斜したアクリル板上に直径1mmの金属球を2mm間隔で埋め込んだものである(図5b)。

撮影部位は第一大臼歯部とし、前項で詳述したスリット法を用いて、新たに決定した断層面に特製チャートの斜面中央部における金属球の列が一致する様にした。チャートの基板には中央の金属球列の位置を示す線があらかじめ記載されているので、これをスリット法によって決定された断層面と重ね合わせた(図5c)。スリット法によって決定された断層面が実際のものと一致する場合には、断層写真上で中央の金属球が明瞭に描出されることになる。チャートをセットした後、スリットを取り外し、断層X線像を撮影した。X線照射条件は、管電圧60kVp、管電流4mA、0.5mm銅フィルタ付加、断層振り角60°(断層厚の理論値1.06mm)とした。増感紙フィル

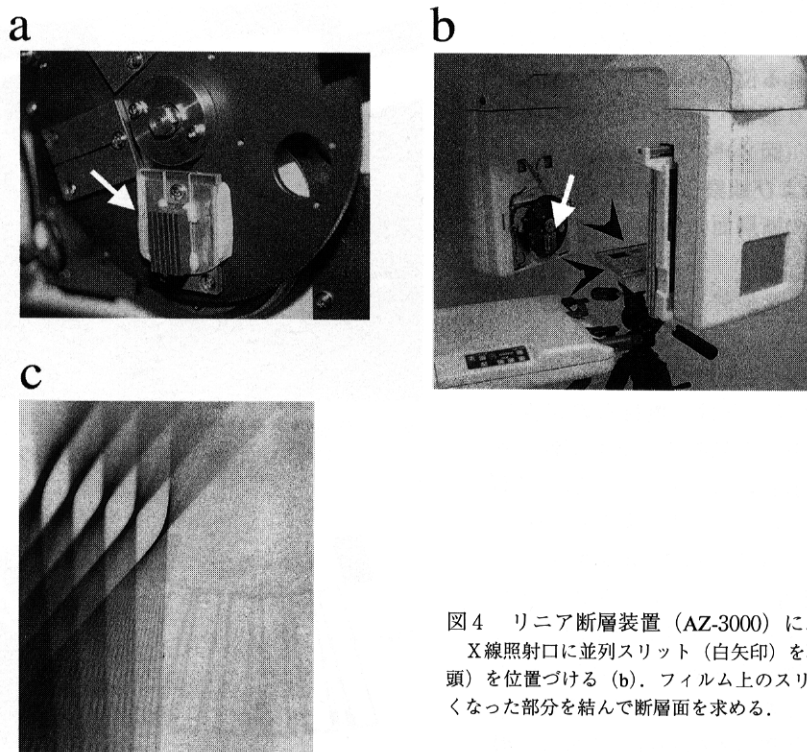


図4 リニア断層装置 (AZ-3000) における断層面決定法

X線照射口に並列スリット (白矢印) を取り付け (a), カセット (矢頭) を位置づける (b). フィルム上のスリット像 (c) における最も細くなった部分を結んで断層面を求める.

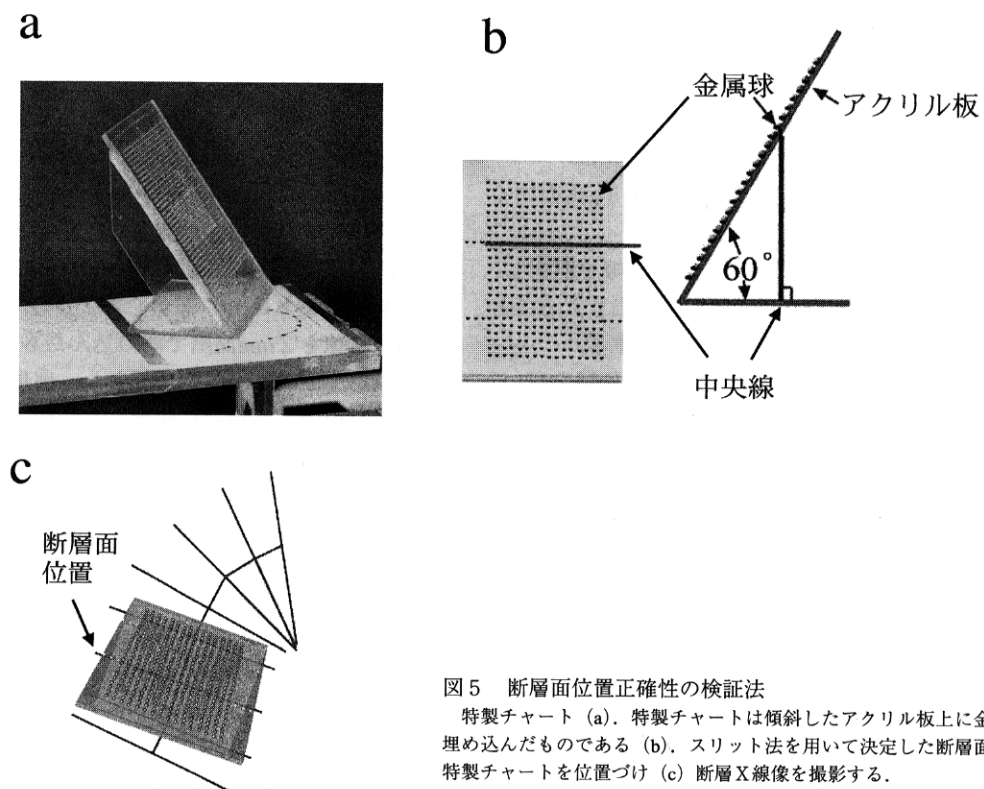


図5 断層面位置正確性の検証法

特製チャート (a). 特製チャートは傾斜したアクリル板上に金属球を埋め込んだものである (b). スリット法を用いて決定した断層面位置に特製チャートを位置づけ (c) 断層X線像を撮影する.

ム系はLanex Fine screen, コダック社, フィルム (T-matG, コダック社) を用いた。

2) 螺旋 (スパイラル) 軌道装置への応用

螺旋軌道装置 (SCANORA) においても同様の方法で断層面の決定が可能か否かを検証した。リニア軌道装置と同様の並列スリットを作成し、同様の方法で照射を行った。SCANORAのX線照射孔に装着した並列スリットを図6に示す。撮影部位の位置座標を大臼歯部に相当するNo. 9に定め、X線照射条件は管電圧80kVp, 管電流6mA, 断層厚を2mm (断層振り角約25°) として断層面を描出した。使用したフィルム, カセット等はAZ-3000にて使用したものと同一である。また, 概述の特製チャートを用いて, スリット法で決定された断層面が実際に撮影されているかを検証した。

3) 各装置における断層面の適合性

(1) 生体CT画像データによる顎骨・歯列の計測

現代日本人の顎骨・歯列の特徴を抽出するために, 我々の施設に蓄積されたCT画像データを用いた。下顎左右第二大臼歯までの歯列に欠損がなく, 顎骨の著明な変形を認めない26例 (男性13, 女性13, 年齢12~54歳, 平均25.4歳) の下顎歯列歯根中央レベルにおける軸位断画像を使用した。CT画像は咬合平面を基準にスキャンされたもので, 断層厚さ1.5~3.0mmである。図7に軸位断画像の1例を示す。CT画像上で頸椎 (歯突起) の中央と下顎正中を結んだ線を正中線として, 正中線から中切歯歯根の断面の中心までの距離, および各隣在歯の中心までの距離を計測し, これを加算することにより正中から歯列弓に沿った曲面上での各歯までの距離を求めた (図8)。26名 (52側) について求めた距離を歯種ごとに集計して平均と標準偏差を求めた。

(2) 歯列・顎骨横断面断層面のマップの作成

スリット法を用いて, AZ-3000およびSCANORAにおける, 歯列・顎骨横断面断層撮影の断層面を前歯~臼歯部で連続的に決定した。各部位における断層面の水平的な中心位置および正中矢状線からの角度を求めて, これを明示するマップを作成した。

マップを作成したのは, AZ-3000では右側の中切歯~第三大臼歯の計8部位である。臨床的に汎用される患者サイズとして, 耳孔間距離 (140mm) 切歯位置 (80mm), 耳孔間距離 (150mm) 切歯位置 (90mm), 耳孔間距離 (160mm) 切歯位置 (100mm), を設定してマップを作成した。

SCANORAにおいては, 正中から臼歯部に配置された11の位置座標について, 下顎歯列および下顎骨の2通りの断層面のシリーズについてマップを作成した。

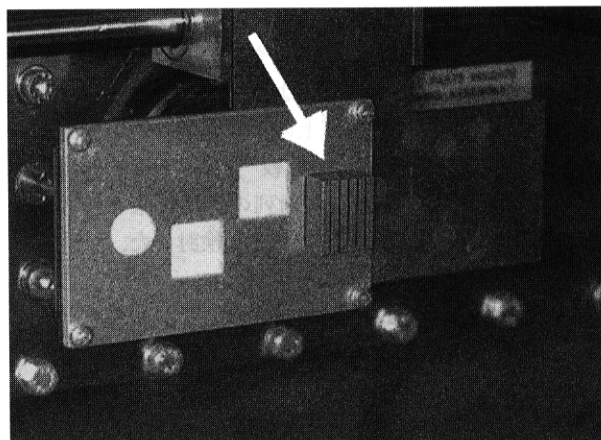


図6 螺旋軌道装置 (SCANORA) のX線照射孔に装着した並列スリット (白矢印)

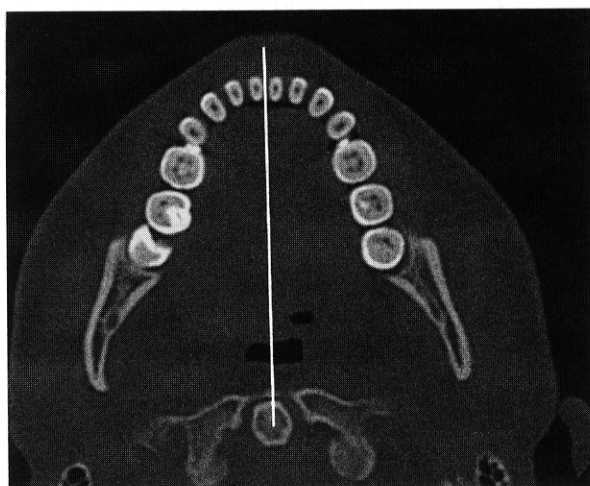


図7 顎骨・歯列の計測に用いた生体CT画像
歯突起中央と下顎正中を結んだ正中線 (白線) を基準に, 歯列に沿った各歯までの距離を計測した。

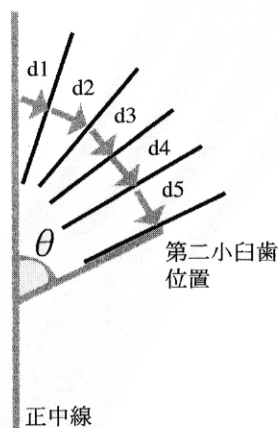


図8 正中から断層面までの距離計測模式図
第二小臼歯部断層面までの距離は, 断層面中央を歯列に沿って結んだ区間d1~d5の和として求めた。

得られたマップより, CTの場合と同様に各部位における断層面の水平的な中心位置を結んだ線分の距離を計測し, これを加算することにより各断層面の正中矢状線からの歯列弓に沿った曲面上の距離を求めた (図8).

(3) 生体データと断層面との比較

(1)で計測した生体顎骨・歯列の計測結果を作成した歯列・顎骨横断断面マップと比較検討した.

Ⅲ. 結 果

1. スリット法による断層面描出の精度

10回の設定で決定した正中矢状線に対する断層面の角度を表1に示す. 各設定間の計測値の標準偏差は最大の計測者2でも 2.04° と小さかった. 装置設計上の断層面の角度は 70° なので, 誤差は最大の場合でも約 3.5° であった. また, 平均値に観察者間で違いは見られなかった. スリット法で決定された断層面に特製チャートを位置

表1 スリット法による断層面決定の精度

Film No.	正中矢状線と断層面の角度 ($^{\circ}$)		
	計測者 1	計測者 2	計測者 3
1	68.5	72.0	72.8
2	69.7	69.3	70.0
3	69.0	70.5	72.0
4	70.2	73.0	70.2
5	69.7	70.0	69.8
6	70.8	69.8	70.8
7	70.0	72.7	72.7
8	67.2	67.8	69.8
9	66.5	66.5	70.3
10	68.7	70.2	68.2
平均	69.0	70.2	70.7
SD	1.4	2.0	1.5



図10 螺旋軌道装置 (SCANORA) にて得られたスリット像

づけて撮影した断層X線写真の1例を図9に示す. チャートを撮影範囲の上下の中央に位置づけた撮影では, 目的とする断層面に一致する金属球列が正確に描出されていた.

2. 螺旋 (スパイラル) 軌道装置への応用

螺旋軌道装置 (SCANORA) においても, 図10に示す様に, リニア軌道装置と同じ断層面の描出が可能であった. ただし, 照射孔のサイズの関係から, 5列のスリット中4本のみを描出となった. 描出された断層面上に概述の特製チャートを置いて描出された断層面を検証した結果, AZ-3000の場合と同様の目的とする断層面に一致する金属球列が正確に描出されていた.

3. 各装置における断層面の適合性

1) 生体CT画像データによる顎骨・歯列の計測

図11にはCT画像上で計測した正中から歯列弓に沿った曲面上での各歯までの平均距離および標準偏差を示す.

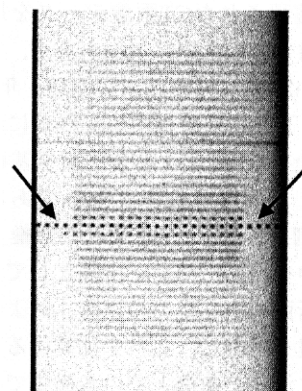


図9 特性チャートの断層X線像
断層面に一致する金属球列 (矢印) が描出された.

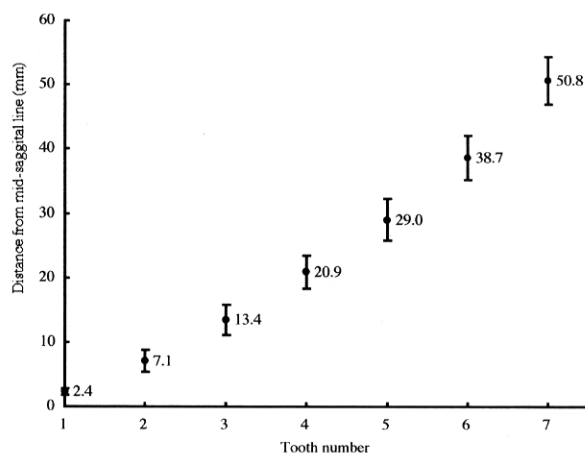


図11 生体CT画像より計測した, 歯列弓に沿った曲面上での各歯までの平均距離および標準偏差

2) 歯列・顎骨横断面断層撮影位置マップ

AZ-3000およびSCANORAにおいてスリット法によって作成した歯列・顎骨横断面断層撮影位置のマップを図12に示す。図13には両装置における断層面の正中矢状線からの角度を縦軸に、各断層面の正中矢状線からの歯列弓に沿った曲面上の距離を横軸に表現したグラフを示す。設計および機構の異なる断層撮影システムにおける断層面の位置と傾斜を並列して表示するグラフが得られた。

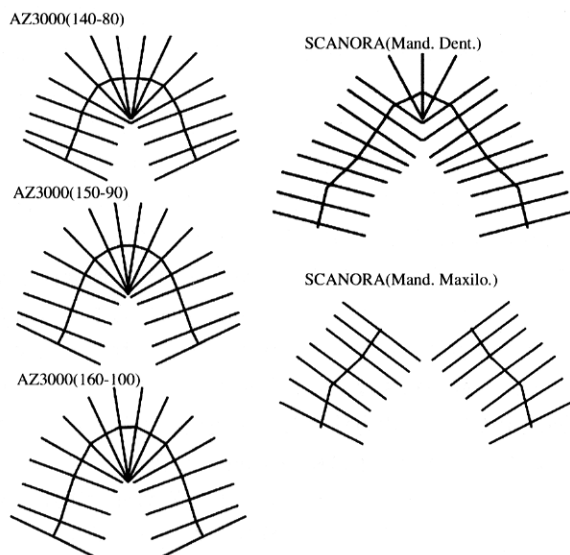


図12 スリット法による歯列・顎骨横断面断層撮影位置マップ
リニア断層装置 (AZ-3000) では、患者サイズ140-80, 150-90, および160-100の三種類について、螺旋軌道装置 (SCANORA) では、下顎歯列 (Mand. Dent.) および顎骨 (Mand. Maxilo.) の二種類の断層撮影モードについてマップを作成した。

3) 生体データと断層面との比較

1) によって得られたデータ (図11) を撮影装置の断層面を示した図13のグラフに重ねて検討した。各装置で既成の設定値を使用して撮影した場合の断層面の位置と平均的な歯の位置との関連が示された (図14a, b)。グラフ上の各点はそれぞれの機種における断層位置を示している。これらの各点は生体のCT画像から得た平均的な各歯の位置におおむね一致していた。

断層角度についてはAZ-3000では位置 (歯名) が同じ

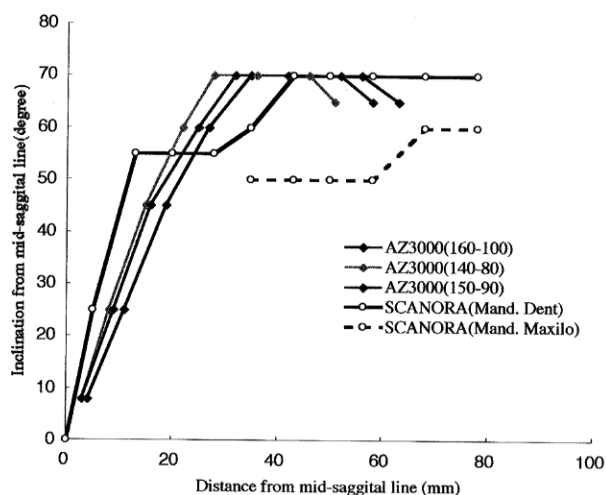
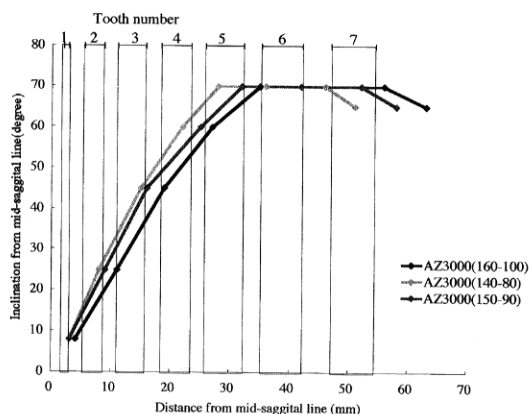


図13 リニア断層装置 (AZ-3000) および螺旋軌道装置 (SCANORA) における断層面の位置および傾斜

a



b

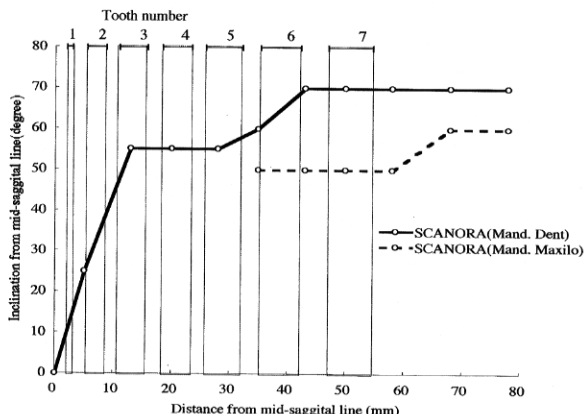


図14 断層面位置および傾斜と生体各歯の位置の関係
リニア断層装置 (AZ-3000) (a) および螺旋軌道装置 (SCANORA) (b)

なら設定のパラメータを変えても断層角度は同一であった。これに対して、SCANORAでは歯列断層と顎骨断層では位置が同じでも、その断層角度は必ずしも一致していなかった。

IV. 考 察

パノラマあるいは通常の口内法X線撮影では得られない歯列・顎骨の横断面断層像、すなわち頬舌的方向の像を得る方法として早くから断層X線撮影法が注目されてきた^{23, 24)}。初期には断層撮影には医科用の大掛かりな装置しか利用できず、操作も煩雑で時間を要し、日常歯科臨床で頻繁に断層撮影を応用することはほぼ不可能であった。また断層撮影の応用が有用とされる疾患も、腫瘍、炎症、および骨折等の外科的疾患²³⁾あるいは顎関節骨形態の精査²⁴⁾が主体であり、一般的な歯科疾患においてはほとんど利用されず、わずかに埋伏歯の頬舌的位置決定や根尖病巣と下顎管あるいは上顎洞底の関係を精査することなどに応用されていたに過ぎない。当然、歯列顎骨の曲面に合わせて断層面が設定されている装置は存在しなかった。1980年代初頭よりパノラマ装置の機構を応用した断層撮影装置が開発されてきた。これらは多機能パノラマ撮影装置とよばれ、現在では多くの機種が市販されるに至っている。この装置の実用化と時を同じくして、歯科インプラント治療が急速に普及し始めた。インプラント埋入にはその頬舌的な厚みや骨質の状態を把握することが重要であり、予定部位を断層X線写真にて観察して適切な埋入方向や長さを診断することが推奨された。このような状況のもとで、パノラマ装置の機構を応用した断層撮影装置による歯列・顎骨横断面断層像の臨床的応用頻度が急速に広がり、画像においても、より高い精度を要求されるようになってきた。

多機能パノラマ装置による歯列・顎骨横断面の断層位置や角度は対象となる部位によって当然異なる。この断層面の位置や角度は何らかのデータに基づいて設定されているはずではあるが、そのデータは明らかにされていない。さらに、実際の撮影における設定方法も様々である。断層面が適切か否かを検証して比較検討する簡便な方法がなかったために、断層撮影位置および角度の決定法が全く異なる断層撮影装置を「断層面の空間配置」という観点から比較検討した研究はなかった。この問題を解決したのが奥村らが開発したスリット法による断層面の検証方法である²¹⁾。当初この方法は直線移動方式の断層装置を想定して開発されたが、今回の研究によって、螺旋方式への適用も可能であることが立証された。したがって、複数の装置を比較研究することが可能となった。

今回の結果をさらに発展させれば、回転方式の断層装置などあらゆる方式への応用が可能であり、その意味で今回の成果は大きいと考えられる。

断層面を検証する方法としては従来からパノラマ断層域を決定するのに用いられてきた、金属の線や球を貼り付けた骨標本や様々な形態のテストチャートを撮影して画像を分析する方法があるが^{8, 10, 20)}、被写体の作成、撮影、および結果の分析に煩雑な作業を要求され、複数の位置の断層面を検証するのは不可能である。これに対しスリット法は比較的簡単に多くの断層面位置や角度を決定できる。この精度の検証に際しては、まず断層面の設定の再現性を第一大臼歯部を例に正中矢状線に対する断層面の角度について検証した。その結果設定角度の標準偏差は最大でも2°程度であった。また、設計上の設定値と比較しても差は最大3.5°であった。飯田ら⁶⁾はインプラント診療を想定した実験を行い、下顎骨の頬舌的骨幅の計測値に影響を与える横断面断層面角度について検討を行っている。それによると最も幅の狭い断層面を基準とすると頬舌的骨幅の差が0.5mm以内におさまる断層面角度の許容範囲は第一大臼歯部で±10°程度と結論している。今回の結果はこれに比較して十分に小さく、断層面決定のひとつの方法として再現性は十分であると考えられた。同様の結果はKawamataらも報告している⁸⁾。次に、スリット法によって決定された断層面が実際の断層面と合致しているか否かを検討した。その結果、ファントムの中央の金属球列が明瞭に描出されているのが確認できた。金属球は水平方向には1mmの間隔で配列されているので、この位置決定の精度は1mm以内であることが明らかとなった。この精度は臨床的には十分なものと考えられ、スリット法による断層面の検証方法は利用価値が高いものと結論できる。機種間の比較検討を行うだけにとどまらず、装置の品質管理にも応用可能と考えられる。

本研究では各装置の断層面が生体の顎骨や歯に適合しているか否かを検討する際に、生体の資料として、CT画像を用いた。顎骨や歯列の軸位方向の形態については、従来から多くの報告がされている²⁵⁻³⁰⁾。古くは歯列印象をもとに歯列弓の形態をさまざまな曲線で近似することがなされてきた^{25, 26)}。画像を使用したものとしては、Welanderらの軸位X線規格写真を用いた方法がある²⁷⁾。Shiojimaら²⁸⁾や中村ら^{29, 30)}はCT画像を用いて、平均的顎骨の形態を求め、それを基にパノラマ撮影装置の断層域の評価を行うファントムの作成を行っている。Shiojimaら²⁸⁾は10例の乾燥下顎骨をCT撮影してデータをj 得ているが、今回は現代の日本人成人に断層面が適合し

ているか否かを検討するという目的のため、著者の施設に蓄積されたCT画像を使用した。26例のCT画像より平均的な歯の位置や矢状面に対する角度を求めた。少数例のため、全例の平均を用いたが、断層面の適合ということを考えれば、年齢や性別ごとに平均的な下顎形態を求めることでさらに詳細な検討ができるものと思われる。

AZ-3000では歯名で断層位置を設定する機構であるため、図14のグラフ上の各点はそれぞれの歯名に一致する。これらの各点は生体のCT画像から得た平均的な各歯の位置におおむね一致している（図14a）。つまり、この装置では歯名で断層位置を設定してもほぼ正しい位置をスキャンしていると言える。これに対して、SCANORAでは各点は参照したパノラマX線写真上の数値で決定される断層位置に一致する。AZ-3000と比較すると若干一致の状態が良くないが、この装置でも各点はほぼいずれかの歯の位置に一致しているのが分かる。つまりSCANORAにおいてもパノラマ上で正しい位置が選択されれば、実際にその歯の位置が断層されることを示している。しかし、位置は同じでも断層角度は異なっていることが分かる。これは、同一の患者の同じ場所をスキャンしても機種が異なれば断層角度が違ふことを意味している。断層角度の違いは歯や顎骨の頬舌的幅の違いを意味し、飯田ら⁶⁾が述べているように、インプラント診療を想定した場合には顎骨のこの頬舌的幅は重要である。幅の違いはインプラント埋入時の事故にもつながりかねない。AZ-3000を使用した実験では顎骨が最も薄くなる断層角度を最適な角度とした場合、歯名で単純に設定した断層面で頬舌的骨幅が最小になることはほとんどないことを確認している⁶⁾。これはAZ-3000の場合には歯列の情報を基に装置の断層位置が決定されているためと考えられる。つまり、歯列のアーチと顎骨骨体部のアーチは異なることを示すものである。SCANORAでは歯列と顎骨の断層で設定を変えるシステムになっているのは、このことが考慮されているものと思われる。このように、両装置は平均的な顎骨を基にして断層面の位置や角度を設定するデータが組み込まれており、顎骨の腫瘍性病変や炎症性病変に対する診断においては十分に適正な断層像を提供しうる。しかし、インプラント術前診断では、mmの単位で計測を行う必要があることから、この断層面の違いは大きな影響をもたらすと考えられる。これを解決するには個々の症例にあわせて断層面をカスタマイズできる機構が必要であり、今回の研究結果を基にそのような機構を有する装置を開発することが今後の課題である。

また、歯列顎骨の横断面像を得るもう一つの方法に

CTがあり、昨今では従来型のCTに比較して被曝線量の小さいコーンビームCT技術を採用した歯科用CTが実用化されるにいたっている。これらの装置では多機能パノラマ装置に比較して、鮮明な断層像を得ることができるが、高価であり、パノラマ装置より被曝線量が多い。今後の課題としてこれらのCT装置と多機能パノラマ装置の適応を明確にすることもあげられる。CT画像においても、インプラント診療における使用を考えた場合には、顎骨の頬舌的骨幅を考慮することになり、そのための基礎的データとしても、今回の研究結果は重要と思われる。

V. 結 論

多機能パノラマ装置の断層撮影機能を使用して得られる顎骨の横断断層像において、その断層面について実験的研究を行い以下の結論を得た。

1. スリット法を利用した断層面決定法の再現性および正確性は十分であった。
2. スリット法は螺旋方式の断層撮影装置にも応用可能であることが確認できた。
3. 今回使用した装置における断層面の位置は、現代日本人の生体CT画像から得られた歯の位置とほぼ一致していた。
4. 断層面の角度は症例ごとにカスタマイズする必要性が示唆された。

謝辞 本研究の遂行に際し、御指導、御高聞を賜った愛知学院大学歯学部歯科放射線学講座有地榮一郎教授ならびに終始御教示をいただきました同講座内藤宗孝助教授、朝日大学歯学部歯科放射線学講座勝又明敏助教授に深謝致します。また、実験に際して多大なご尽力をいただいた愛知学院大学歯学部附属病院放射線部奥村信次技師長および同附属病院歯科技工部大崎千秋氏に感謝いたします。さらにご協力をいただいた愛知学院大学歯学部歯科放射線学講座の各位および愛知学院大学歯学部放射線部の技師諸氏に深謝致します。

文 献

- 1) Svenson, B. and Palmqvist, S.: Imaging of dental implants in severely resorbed maxillae using detailed narrow-beam radiography. A methodological study. *Dentomaxillofac. Radiol.*, **25**(2): 67~70, 1996.
- 2) Potter, B.J., Shrout, M.K., Russel, C.M. and Sharawy, M.: Implant site assessment using panoramic cross-sectional tomographic imaging. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.*, **84**: 436~442, 1997.
- 3) Kawamata, A., Fujishita, M., Katagi, K., Langlais, R.P., McNally, M.A. and Markins, S.R.: Dento-maxillary three-dimensional

- image using cross-sectional tomography. IASMFRCMI 97-Advances in maxillofacial imaging, 373~380, 1997.
- 4) 内藤宗孝, 川俣明敏, 竹内克豊, 大崎千秋, 有地榮一郎: パノラマX線撮影装置を用いたインプラント断層撮影法の改良. ダイレクトレーザーポジショニングシステム (DLPシステム) の開発. 日口腔インプラント誌, **13**(1): 59~68, 2000.
 - 5) 竹内克豊, 内藤宗孝, 川俣明敏, 鬼頭政勝, 疋田久登, 原正幸, 鈴木純二, 有地榮一郎: パノラマX線装置による顎骨横断撮影を利用したインプラント術後診断. 日口腔インプラント誌, **13**(2): 388~394, 2000.
 - 6) 飯田啓人, 内藤宗孝, 川俣明敏, 有地榮一郎: 下顎骨横断断層撮影における断層角度と顎骨の形態変化. 日口腔インプラント誌, **14**(3): 423~428, 2001.
 - 7) Naitoh, M., Kawamata, A., Iida, H. and Arijii, E.: Cross-sectional imaging of the jaws for dental implant treatment: Accuracy of linear tomography using a panoramic machine in comparison with reformatted computed tomography. Int J Oral Maxillofac Implants, **17**: 107~112, 2002.
 - 8) 川俣明敏, 磯貝昌彦: 歯列・顎骨横断面断層X線像 (SCANORA®) の臨床応用. 日口腔インプラント誌, **6**(2): 133~139, 1993.
 - 9) 川俣明敏, 長屋美智代, 藤下昌巳, 磯貝昌彦, 片木喜代治: 骨内インプラント画像におけるシリンドertypeおよびブレードtypeインプラントの歯列・顎骨横断面断層X線撮影法の基礎的検討. 歯科放射線, **34**(4): 249~258, 1994.
 - 10) 関健次, 花澤智美, 荒木和之, 岡野友宏: インプラント術後評価における多機能パノラマ装置の応用. 歯科放射線, **37**増刊: 112, 1997.
 - 11) 内藤宗孝, 奥村信次, 土井純二, 原正幸, 有地榮一郎: デジタル断層画像診断. 歯科デジタル画像診断システム (DenOptix™) と多軌道パノラマX線装置との統合. 歯界展望, **96**(1): 231~235, 2000.
 - 12) Tamisalo, E., Hallikainen, D., Kanerva, H. and Tamisalo, T.: Comprehensive oral X-ray diagnosis: Scanora multimodal radiography. A preliminary description. Dentomaxillofac Radiol, **21**: 9~15, 1996.
 - 13) Tamisalo, T., Luostarinen, D., Rosenberg, J., Vahatalo, K. and Tamisalo, E.H.: A comparison of detailed zonography with periapical radiography for the detection of periapical lesions. Dentomaxillofac Radiol, **24**: 114~120, 1995.
 - 14) Tammisalo, T., Luostarinen, T., Vahatalo, K. and Neva, M.: Detailed tomography of periapical and periodontal lesions. Diagnostic accuracy compared with periapical radiography. Dentomaxillofac Radiol, **25**(2): 89~96, 1996.
 - 15) Thutty, H.K. and Weinberg, R.: Effects of tomographic motion, slice thickness, and object thickness on film density. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, **81**: 368~373, 1996.
 - 16) 高野直久: 横断画像を中心とした日常臨床のためのX線画像診断 1 下顎. The Quintessence, **17**(11): 2063~2075, 1998.
 - 17) 高野直久: 横断画像を中心とした日常臨床のためのX線画像診断 2 上顎. The Quintessence, **17**(12): 2287~2300, 1998.
 - 18) 都尾元宣, 柿谷幸男, 山内六男, 澤田尚昌, 大村典子, 長澤亨, 松岡正登, 藤下昌巳, 片木喜代治: 顎顔面断層X線撮影装置ScanoraRの補綴領域への応用に対する検討. 補綴誌, **41**: 629~633, 1997.
 - 19) 奥村信次, 森亜紀子, 松尾綾江, 戸所利光: 多機能パノラマX線撮影装置を使いこなす. 朝日レントゲン工業株式会社 (京都), 57~124, 1999.
 - 20) 田中守, 木村由美, 三島章, 若江五月, 今中正浩, 小林馨, 山本昭: 多機能回転パノラマX線装置 (AZ3000) による断層撮影の精度. その1 断層面について. 歯科放射線, **36**: 184~185, 1996.
 - 21) 奥村信次, 森亜紀子, 大崎千秋, 内藤宗孝, 川俣明敏, 塩島勝, 有地榮一郎: 歯列・顎骨横断面断層X線撮影 (リニア軌道方式) における断層面評価. 歯科放射線, **39**(2): 128~134, 1999.
 - 22) Intentional Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU). IV. Measurements of characteristics of body-section radiographic equipment. Method of evaluating radiological equipment and materials. ICRU report **10f**: 15~33, 1992.
 - 23) Dunsworth, A.R., Byrd, D.L. and Allen, J.W.: Tomography in oral surgery. J Oral Surg, **32**: 696~701, 1974.
 - 24) Westesson, P.L. and Lundh, H.: Temporomandibular joint disk displacement: arthrographic and tomographic follow-up after 6 months' treatment with disk-repositioning onlays. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, **66**: 271~278, 1988.
 - 25) 岩林幹雄: 曲線適合による歯列弓形状の検討. 口病誌, **44**(1): 57~71, 1977.
 - 26) Pepe, S.H.: Polynomial and Catenary curve Fits to Human Dental Arches. J Dent Res, **54**(6): 1124~1132, 1997.
 - 27) Welander, U., Nummikoski, P., Tronje, G., McDavid, W.D., Legrell, P.E. and Langlais, R.P.: Standard form of dentition and mandible for application in rotational panoramic radiography. Dentomaxillofac Radiol, **18**: 60~67, 1989.
 - 28) Shiojima, M., Naitoh, M.: Development of test phantom for measuring the image layer in rotational panoramic radiography. Dentistry in Japan, **32**: 96~99, 1995.
 - 29) 中村守厚, 塩島勝, 内藤宗孝, 有地榮一郎: CT画像を基にした平均的下顎骨形態. 多項式近似による把握. 愛院大歯誌, **35**(4): 599~603, 1997.
 - 30) 中村守厚, 塩島勝, 内藤宗孝, 有地榮一郎: 平均的下顎骨ファントムによる回転パノラマX線撮影装置の評価. 愛院大歯誌, **36**(1): 165~169, 1998.