

## COMMCAT IS-2000 Imaging System による 下顎骨断層エックス線撮影法の基礎的研究

東海林 理, 佐藤 仁, 泉澤 充

小豆島 正典, 坂巻 公男

岩手医科大学歯学部 歯科放射線学講座

(主任 : 坂巻 公男 教授)

(受付 : 1999年10月8日)

(受理 : 1999年10月26日)

**Abstract :** The COMMCAT IS-2000 imaging system (Imaging sciences international. Roebeling, N. J.) is a tomographic machine for the dentomaxillofacial region. This machine has some advantages in that the operator can determine the slice lines on dental arch by scanning a plaster model and select six different X-ray tube motions : hypocycloidal, spiral, circular, elliptical, linear horizontal and linear vertical. The purpose of this study is to evaluate the usefulness of this machine for dentomaxillofacial cross-sectional tomography.

The accuracy of the placement of the slice layers on this machine was assessed by using eight human dry mandibles with metal markers located in central incisor, first premolar and first molar. The imaging layers determined on the dental arch were within error of one millimeter.

Method error was calculated as the difference between direct measurement by using sliding caliper of 6 respective bovine dry bones and image measurements of height and width. There were no difference between the cross-sectional image and actual bone. Images of test chart human dry mandibles were taken with 6 X-ray tube motions and the quality of each image was compared. The best image quality was required by hypocycloidal motion because obstructive shadows were few.

These results showed that the COMMCAT IS-2000 imaging system is a very useful tomographic machine for the examination of the mandible because it can reveal the quality and the quantity of bone.

**Key words :** COMMCAT IS-2000, cross-sectional tomogram, mandibular bone, hypocycloidal motion

### 緒 言

デンタルインプラント埋入の際の術前診査や口腔癌の骨破壊の精査などのために顎骨を横断面でスライスしたエックス線写真が必要になることがある。しかし一般歯科臨床で行われてい

る口内法エックス線撮影法や回転断層方式パノラマエックス線撮影法では顎骨の横断面形態の把握は困難である。また一般医科用の断層撮影装置<sup>1)</sup>やエックス線 CT<sup>2, 3)</sup>, MRI<sup>4)</sup>で顎骨の横断面の撮影を試みた報告もあるが、機器の大きさ、あるいは被曝量などを考慮すると歯科領域

A study of tomographic technique for the mandibular bone by using COMMCAT IS-2000 Imaging System

Satoru SHOJI, Hitoshi SATOH, Mitsuru IZUMISAWA, Masanori SHOZUSHIMA and Kimio SAKAMAKI  
(Chief : Prof. Kimio SAKAMAKI)

(Department of Dental Radiology, School of Dentistry, Iwate Medical University)

岩手県盛岡市中央通1丁目3-27 (〒020-8505)

Dent. J. Iwate Med. Univ. 24 : 168-175, 1999

で頻回に用いるのは難しい。そのために、顎顔面領域専用の断層エックス線撮影装置が開発され、基礎的、臨床的研究報告がなされている<sup>5-8)</sup>。

COMMCAT IS-2000 Imaging system(以下 COMMCAT と略す)は、顎顔面領域専用の断層撮影装置であり、顎関節(前方位と側方位)、上顎洞、インプラント用(上・下顎骨の横断面と矢状断面)の断層撮影、パノラマ、およびセファロ撮影が可能である。特に上・下顎骨の断層撮影を行う際に、被検者の歯列形態をスキャナーで取り込むことにより、モニター上で直接断層位置を正確に決めることができ、一定拡大率で歪みの少ない鮮明な多層断層撮影を行うことが可能であるとされている。また、1, 2, 3, 6, 15mmの5種類の断層幅、およびhypocycloidal, spiral, circular, elliptical, linear vertical, linear horizontalの6種類の断層軌道での撮影ができる特徴がある。しかし本装置を用いた研究報告は少なく<sup>9,10)</sup>、その精度に関する詳細な検討はなされていない。そこで著者らは、本装置の下顎骨横断面多層断層撮影における有用性を検討するため、ヒトまたはウシの乾燥下顎骨およびテストチャートを用いて、断層位置の精度、写真の寸法精度、断層軌道の変化が写真画質におよぼす影響について検討した。

## 研 究 方 法

### 1. 撮影条件、使用フィルムおよび現像条件

撮影モードは下顎のインプラントモードを選択した。管電流は5 mA、照射時間は100msに固定し、良好な写真濃度が得られるように被写体ごとに管電圧を50~65kVpの範囲で調節した。撮影にあたり、骨の表層にある筋や皮膚などの組織を仮想して照射スリットの前面に厚さ1.5mmの銅板フィルターを貼付し、写真の濃度を臨床画像に近づけた。フィルムはT-MatG/RA-1(KODAK社製)の10×12インチを半分に裁断したもの、増感紙はEktavision extraoral imaging screen(KODAK社製)を用いた。撮影後のフィルム

はRD X-OMAT Processor Model M7B(KODAK社製)を用いて32℃で自動現像した。

### 2. 断層位置精度の検討

8体のヒト乾燥下顎骨を被験体とし、それぞれをアクリル板上に置き、底部3カ所にトレー用即時重合レジン(トレーレジンII, 松風社製)で脚を付け、被験体の咬合平面がアクリル板と平行になるように調整した。全ての被験体の中切歯、第一小臼歯、第一大臼歯の頬面中央に直径1 mm、長さ12mmの金属製支台築造用ポスト(ADポスト, クラレ社製)をデンタルサベヤー(NEY社製)を用いてアクリル板に垂直になるようにパターンレジン(GC社製)で固定し断層位置確認用のマーカーとした。歯列咬合面およびマーカーの印象をアルジネート印象材で採得した後、歯科用硬石膏を注入して作製した歯列模型の歯列咬合面をスキャナー(CanoScan, Canon社製)で取り込んだ。なお模型に変形が生じないように印象材、石膏の粉液比はメーカーの指示を守り、スキャナーに模型を置く際には咬合平面がずれないように配慮した。パーソナルコンピュータ(P-5 133, GATEWAY2000社製)のディスプレイ上で各被験体における3つの対象歯のマーカー上とそれから近心および遠心に1 mm, 2 mm離れた部位の5カ所、合計15カ所にスライス面を設定した(Fig. 1)。本装置のチンレストの部位に床と平行になるようにアクリル板を固定し、その上に被験体をのせ、正中線のビームを両側中切歯の間に合わせ、両側第一第臼歯の近心隣接面中央を結ぶ線が両側イヤーロッドを結ぶ線と平行になる様に配置した(Fig. 2)。断層幅は2 mm、断層軌道はhypocycloidal、ビームサイズは3×4インチに設定して全被験体の横断面断層撮影を行った。

### 3. 写真の寸法精度の検討

3体のウシ下顎骨の横断面が単純な卵円型である槽間縁(前歯と臼歯の間の歯の生えていない部分)を左右から1個ずつ計6個切り出した

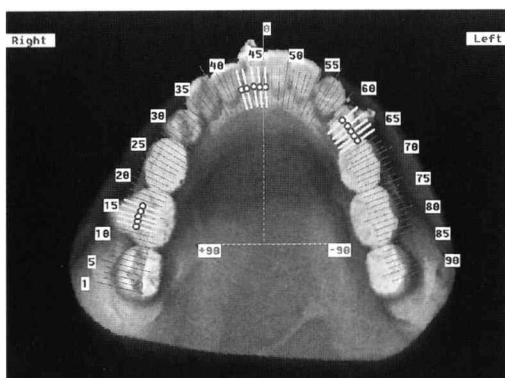


Fig. 1. Scanned image of the plaster model. Lines are spaced in 1 mm and yellow thick lines means selected slice layers.

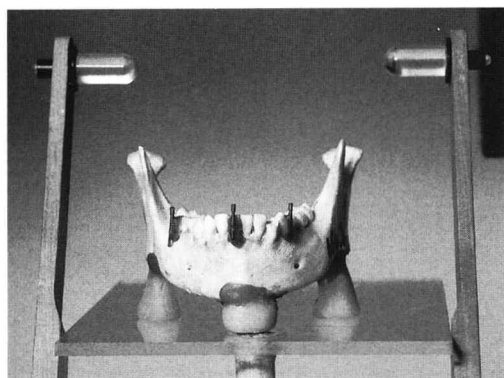


Fig. 2. Human dry mandible with metal markers for assess accuracy of the slice layer placement of this machine. Markers were attached on the buccal surface of the central incisor, first premolar and first molar.

後凍結乾燥し、表面をサンドペーパーコーンで研磨したものを被験体とした。転がらない様に被験体底部にトレー用即時重合レジンで脚をつけ、実験1と同様に底面に対して垂直に金属マーカーをデンタルサベヤーを用いて被験体表面にパターンレジンで固定した。マーカー上にスライスラインを設定し、断層幅 2 mm, hypocycloidal 軌道, ビームサイズを 3 × 4 インチに設定して撮影を行い、それぞれの被験体の写真を作成した。そしてデジタルキャリパー CD-20CP (Mitutoyo 社製) を用いて、被験体の上下径と頬舌径の実測値および写真上の計測値を測定し、両者を比較した。Fig. 3 に被験体

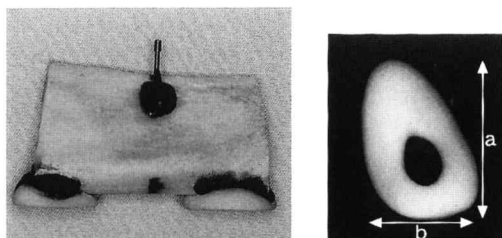


Fig. 3. Bovine dry mandible with marker and its cross-sectional tomogram. We measured mandibular corpus height (a) and width (b).

とその横断面断層エックス線写真を示した。なお測定は 5 名の歯科放射線専門医が 3 回行い、平均値を測定値とした。また、本装置で得られる写真の拡大率は 1.26 倍であるので写真計測値はすべて 1.26 で除して補正を行った。

#### 4. 断層軌道の違いによる写真画質の比較

基礎的な検討として以下の実験を行った。大きさ 3 × 4 mm, 厚さ 5 mm の塩化ビニールプレートの両面に鋼鉄製の金属片を 10 個ずつ各々の面で重ならないように瞬間接着剤で固定したものをテストチャートとした。プレートの片面に断層面を設定し、断層幅 1 mm, ビームサイズ 2 × 2 インチで断層軌道を hypocycloidal, spiral, circular, elliptical, linear horizontal, linear vertical に変えて撮影を行い、断層面における金属片の写り方と、5 mm 離れた反対面の金属片によって生じる障害陰影の様相について調べた。また臨床的な検討として、実験 1 で用いたヒト乾燥下顎骨の中切歯、第一小臼歯、第一大臼歯を対象に断層幅を 1 mm, ビームサイズを 3 × 4 インチに設定して、テストチャートの場合と同様に 6 種の断層軌道で撮影し、それぞれの写真の画質を比較した。

## 結 果

### 1. 断層位置の精度の検討

Fig. 4 にヒト乾燥下顎骨の大臼歯部を撮影した写真の 1 例を示した。中切歯部ではすべての被験体において、ディスプレイ上でマーカーの直上にスライスラインを設定した写真に、また小臼歯部および大臼歯部でもマーカーの直上

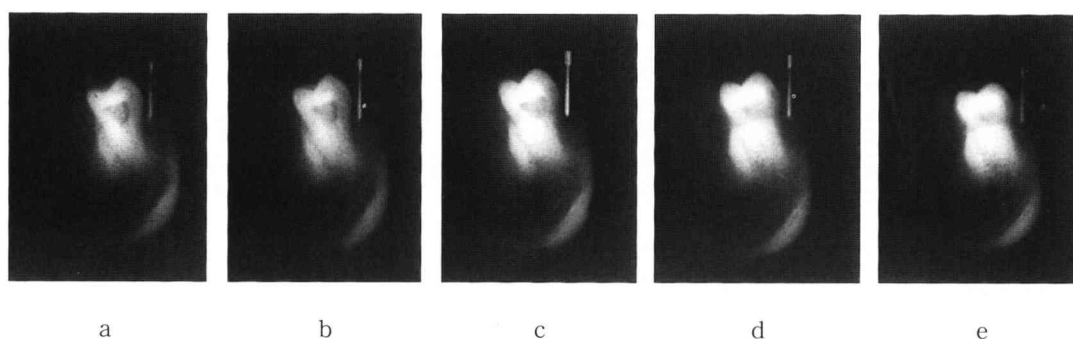


Fig. 4. Tomograms of the human dry mandible with metal marker on the first molar. We assessed accuracy of the slice layer placement of this machine.

- a : 2 mm mesial from marker  
b : 1 mm mesial from marker  
c : Just above marker  
d : 1 mm distal from marker  
e : 2 mm distal from marker

Table 1. Difference of dry bovine bone height and width between the cross-sectional image and the actual value. Data are presented as mean  $\pm$  SD.

Bone No.	Height (mm)	Width (mm)
1	0.44 $\pm$ 0.20	0.74 $\pm$ 0.29
2	0.53 $\pm$ 0.23	0.39 $\pm$ 0.28
3	0.23 $\pm$ 0.12	0.36 $\pm$ 0.28
4	0.64 $\pm$ 0.51	0.65 $\pm$ 0.32
5	0.88 $\pm$ 0.47	0.73 $\pm$ 0.49
6	0.15 $\pm$ 0.14	0.59 $\pm$ 0.43

もしくはそれより 1 mm 近心か遠心の 3 スライスのいずれかに明瞭にマーカーが写し出されていた。

## 2. 写真の寸法精度の検討

Table. 1 に 6 個のウシ乾燥下顎骨における、上下径および頬舌径の実測値と写真計測値の差の平均値と標準偏差を示した。実測値と写真計測値の差は上下径で  $0.15 \pm 0.14 \sim 0.88 \pm 0.47$  mm, 頬舌径で  $0.36 \pm 0.28 \sim 0.74 \pm 0.29$  mm で、両者の差は 0.5 mm 以内であった。

## 3. 断層軌道の違いによる写真画質の比較

Fig. 5 にテストチャートとヒト乾燥下顎骨をそれぞれの断層軌道で撮影した写真を示した。テストチャートにおいては, linear horizontal, linear vertical のような直線軌道

よりも hypocycloidal, spiral, elliptical, circular のような多軌道をとらせて撮影した写真の方が断層面の前後にある物体の障害陰影が少なく, 特に hypocycloidal 軌道で撮影した写真が最も鮮明であった。また乾燥頭蓋においても, すべての軌道で撮影した写真で骨の外形, 下顎管, 骨梁構造が描出されていた。しかし, elliptical 軌道では断層面以外の部位がボケ像となって障害陰影になって写り, linear vertical 軌道では縦方向に, linear horizontal 軌道では横方向に像のブレが生じた。それに対し hypocycloidal 軌道, spiral 軌道で撮影した写真は障害陰影が少なく鮮明であった。

## 考 察

断層撮影法は任意の深さの一平面のみに焦点を合わせ, その表層と深層の構造物をボケ像として分離する特殊な撮影法である。これには Bocage<sup>11)</sup> によって考案されたエックス線管球とフィルムの相対移動を円状, 渦状, S 字状の多方向に行う多軌道方式と, Großman<sup>12)</sup> が提唱した一方向移動方式がある。1960 年代まで断層撮影は頻繁に行われてきたが, エックス線 CT 機器の発展に伴いその役割は取って替わられた。しかしエックス線 CT は歯科領域へ適用するにあたり, 従来型の断層撮影と比較した場合に被曝量が多いとされている<sup>13)</sup> ほか, 口腔内

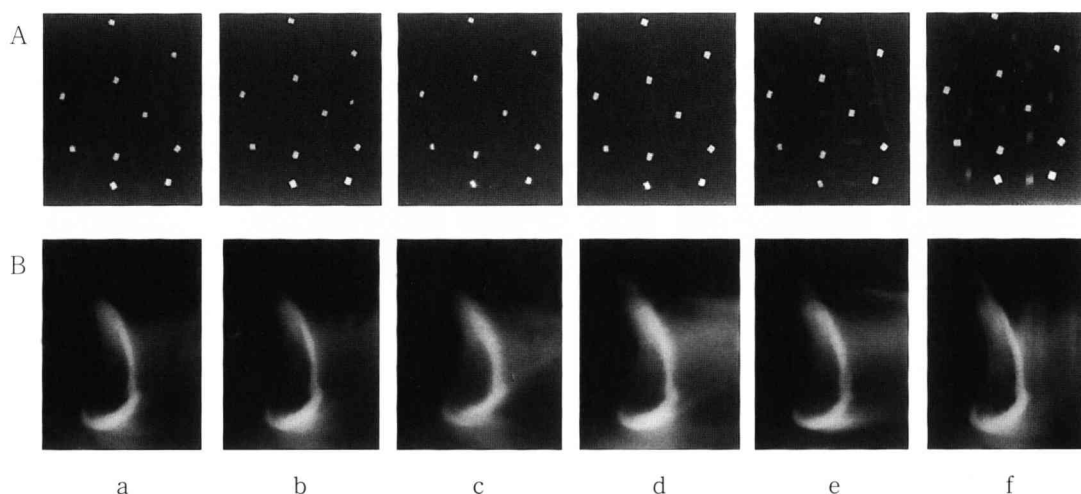


Fig. 5. Exposures were made for 6 different tube motion.

A : 5 mm thickness vinyl chloride plate with ten pieces of the steel shots on both surfaces were used as a test chart. Tomographic images of the steel shots on the selected layer and obstructive shadows of the opposite surface.

B : Tomographic images of the human dry mandible of the central incisor region.

a : Hypocycloidal, b : Spiral, c : Circular, d : Elliptical, e : Linear horizontal, f : Linear vertical

の修復物による金属アーチファクトが生じるなどの問題点がある。MRI によりインプラント埋入術前の顎骨の診査を試みた例があるが<sup>4)</sup>, CT と同様にアーチファクトの問題に加え, ベースメーカー装着などにより撮像が不可能な症例がありうる。また一般医科用の断層撮影装置を歯科領域に応用した研究報告もなされているが<sup>1)</sup>, 機械を設置するためのスペースなどを考えると一般歯科臨床では使用が難しいと思われる。そのため近年, パノラマエックス線撮影に加え顎顔面領域の多機能断層が可能な撮影装置の開発が進み, 特にインプラント埋入術前, 術後の診査<sup>5, 6)</sup>, 顎変形症患者に対する下顎骨矢状分割術の術前診査<sup>14)</sup>, 歯周病患者の分岐部病変の精査<sup>7)</sup>のための顎骨の横断面撮影, および下顎頭形態の評価<sup>8)</sup>に使用されている。しかし現在市販されている断層撮影装置は直線的な断層軌道のための撮影機能しか持たないものが多い。

COMMCAT は多機能を有する顎顔面領域専用の断層撮影装置である。本装置は, hypocycloidal, spiral, circular, elliptical といった多軌道と, linear horizontal, linear

vertical の単純軌道の 6 つのパターンの管球軌道がコンピュータによってプログラミングされている点で他の装置と異なる。またビームサイズの任意な設定, 50度の断層角度により 1 mm の細かい断層幅での撮影が可能であるという利点があり, 上顎骨および下顎骨の横断面もしくは矢状面方向での撮影を行う際に歯列模型や軸位咬合法撮影写真をスキャナーで取り込みディスプレイ上で断層位置を決定できる特長がある。そこで今回著者らは, 本装置で下顎骨横断面断層撮影を行う上での有用性を評価するため, 断層位置の精度, 写真の寸法精度, 異なる断層軌道での写真画質の違いについて検討した。

若江ら<sup>15)</sup>は多機能パノラマ X 線装置 AZ3000 で断層位置の精度を調べたところ第一小臼歯では 2 mm, 第二小臼歯と第一大臼歯では 4 mm のずれが生じたと報告している。今回ヒト乾燥下顎骨の中切歯, 第一小臼歯, 第一大臼歯の頬面に金属ピンをつけ, 本装置における断層位置の精度を調べた結果, ディスプレー上で設定したスライス面と実際撮影した断層位置のずれは 1 mm 以内であった。本装置の断層位置の精度はより高いものと思われる。歯科領域専用の断層撮影

装置でスライス位置を決定する方法として、最初にスカウト像として全顎のパノラマエックス線撮影を行いスライスを決定するもの、咬合採得を行ったバイトプレート上でスライス位置にビームを合わせるものがある。しかし、いずれにおいても、どの位置で断層を行ったかを画像で示すことはできない。本装置は歯科治療の際にルーティンとして作製される被検者の歯列模型を利用して断層位置を決定することが可能であり、画像データとして保存しプリントアウトできるので、術前に術者および患者に状況を説明するのに便利である。

今回の実験結果より本装置の断層位置の精度は高いものであることが判明した。しかし臨床において本実験で行った様に正確な位置に患者の歯列を位置づけるのは困難であり、咬合平面の位置などが多少ずれる可能性がある。また、断層撮影による写真の濃度は被写体の厚さの違いなどで影響を受けるため、一回の撮影では良好な写真が得られないことがある。そのため、本装置は小範囲のスカウト写真を撮りそのずれを写真上で実測することによりスライス位置を補正できる機能を有する。よって本装置を臨床で用いる際は、メーカーが勧めているように本スキャンに入る前に小範囲の試し撮りを行い、撮影位置の補正と管電圧などの照射条件の調整が必要であると考え。また、歯の喪失した部位の顎骨を撮影する際には、スキャナーで取り込む前の石膏模型上に断層位置をマーキングするとともに、断層位置を記すためのステントを被検者の口腔内に装着した状態で撮影しなければならないと思われる。

ヒトの下顎骨の断面形態は複雑で直接ノギスで上下径、頬舌径を測定するのは難しい。米山ら<sup>16)</sup>は無歯顎下顎骨の横断面を断層撮影し断層部位の薄い切片を作って、写真と実際の下顎骨の寸法を測定し比較した。著者らは、断面形態が単純な卵円形をしているウシの下顎骨槽間縁を用いて断層撮影し、断層位置の上下径、頬舌径を実測値と写真計測値で比較した。その結果両者の差は平均値で1 mm未満で、測定者間のば

らつきを加味しても1.5 mm以内であった。川俣ら<sup>6)</sup>は顎顔面断層X線撮影装置SCANORA®でヒト乾燥下顎骨を被験体として今回我々が行ったのと同様の測定を行ったところ、実測値と写真計測値の差は±1 mm以内であったとしている。しかし測定回数や術者間で生じるばらつきは考慮されていない。今回の実験結果より、本装置の寸法再現性はSCANORA®と同様に高いものと思われ、測定者のテクニカルエラーの範囲内であると推察できる。以上より本装置は寸法精度に優れ、撮影した写真を付属の1.26倍に拡大した定規で計測することにより、顎骨の上下径、頬舌径や、歯槽頂から上顎洞底または下顎管までの距離が正確に測定できることがわかった。

本装置で選択可能な6種の断層軌道で同一のテストチャートを撮影し、それぞれの写真画質を比較した。その結果、断層面から5 mm離れた位置の金属片による障害陰影がlinear vertical軌道、linear horizontal軌道で撮影した写真で最も顕著に出現し、hypocycloidal軌道ではほとんど見られなかった。また臨床的な検討としてヒト乾燥下顎骨を被写体として同様の実験を行ったところ、直線軌道で撮影した写真では像のブレや障害陰影の写り込みが多かった。多軌道断層撮影法は、直線軌道に比較して障害陰影が少なく<sup>17)</sup>、特にhypocycloidal軌道が頭蓋骨の状態を診査するのに最も適しているとされている<sup>18)</sup>。今回の結果は以上の説を支持するものであり、本装置においても多軌道での断層撮影を行うことで、より良好な写真が得られた。しかし多軌道特にhypocycloidal軌道で1 mmの断層幅に設定して撮影した場合、断層角が急になるのに伴って管球の上下的な移動距離が大きくなる。そのため頭頂から肩までの距離が極端に短い患者を撮影する場合には、肩に装置が接触する危険があるので、画質が落ちるとしても断層軌道や断層幅を変えて撮影しなければならないケースもありうる。

今回の研究によりCOMMCATは下顎骨横断面断層撮影を行う上で、位置精度、寸法精度、

写真画質とも優れていることが判明した。今後は本装置を疾患の診査, 診断に役立てるとともに, 症例によって生じてくる問題点についても検討したい。また上顎インプラントモードや顎関節撮影モードなどの他の機能に関しても, 今回と同様に詳細な検討を行う必要があると考える。

## 結 語

頭頸部領域専用の多軌道断層装置 COMMCAT の下顎骨断層撮影における有用性を検討した以下の結果を得た。

1. ヒト乾燥下顎骨を対象として, スキャナーで読み込んだ歯列上にスライスを引く本装置独自の断層位置の決定法の精度を調べたところ, その誤差は1mm以内であった。
2. ウシ乾燥下顎骨の頬舌径と上下径を実測値と横断面断層写真における計測値と比較したところ両者の差は1.5mm以内であった。
3. 本装置で選択可能な6種類の断層軌道でヒト乾燥下顎骨を撮影し, それぞれの写真を比較したところ, 直線軌道よりも多軌道で撮影した写真のほうが障害陰影が少なく, 特に hypocycloidal 軌道で撮影した写真の画質が最も良好であった。

以上の結果より, COMMCAT は断層位置, 寸法の精度が優れ, 良好な画質の断層写真が得られるため, 下顎骨の断層撮影を行う上で有用な機器であることが実証された。

稿を終えるにあたり, 本研究に終始御協力いただきました歯科放射線外来鎌田雅義放射線技師, ならびに実験用の乾燥頭蓋を長期間にわたり貸していただきました口腔解剖学第一講座野坂洋一郎教授に心から感謝いたします。

なお本論文の要旨の一部は第39回日本歯科放射線学会総会(1998年9月, 軽井沢)で発表した。

## 文 献

- 1) 藤森久雄, 菅裕裕, 小林紀雄, 西川慶一, 横原政博, 黒柳錦也: X線多軌道断層撮影装置オブチプラニマートの画像特性, 歯科学報, 97: 371-377, 1997.
- 2) Schwarz, M. S., Rothman, S. L. G., Rhodes, M. L., and Chafetz, N.: Computed tomography: part I. preoperative assessment of mandible for endosseous implant surgery, *Int. J. Oral Maxillofac. Implant.* 2: 137-141, 1987.
- 3) Schwarz, M. S., Rothman, S. L. G., Rhodes, M. L., and Chafetz, N.: Computed tomography: part II. preoperative assessment of maxilla for endosseous implant surgery, *Int. J. Oral Maxillofac. Implant.* 2: 143-148, 1987.
- 4) Gray, C. F., Redpath, T. W., and Smith, F. W.: Pre-surgical dental implant assessment by magnetic resonance imaging, *J. Oral Implantol.* 22: 147-153, 1996.
- 5) 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ダータイプおよびブレードタイプ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, 歯放, 34: 249-258, 1994.
- 6) 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: 363-369, 1993.
- 7) 松田幸子, 塩野日学, 長谷川絃司, 岡野友宏: 多機能断層撮影(SCANORA®)による歯間部および根分岐部骨欠損の検出能, 歯放, 36: 161-166, 1996.
- 8) 蛭間崇善, 菅沼岳史, 船登雅彦, 蛭間有紀子, 新谷明幸, 古屋良一, 川和忠治, 佐野司, 岡野友宏: 多機能断層撮影(SCANORA®)による顎関節修正側方位断層撮影の評価, 日顎誌, 10: 51-65, 1998.
- 9) Thunthy, K. H., and Weinberg, R. W.: Effects of tomographic motion, slice thickness, and object thickness on film density, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* 81: 368-373, 1996.
- 10) Hubar, J. S., and Cresson, R. J.: Technical note. A novel technique for pre-implant radiography using an instant camera system, *Dentomaxillofac. Radiol.* 25: 165-166, 1996.
- 11) Bocage, M. A-E-M.: Procédé dispositifs de radiographie sur plaque en mouvement, *Franz Patentschrift Nr.* 536: 464, 1922.
- 12) Großman, G.: Tomographie I and II, *Fortchr. Röntgenstr.* 51: 61-80, 191-208, 1935.
- 13) Ekestubbe, A., Thilander, A., Gröndahl, K., and Gröndahl, H-G.: Absorbed doses from computed tomography for dental implant surgery: comparison with conventional tomography, *Dentomaxillofac. Radiol.* 22: 13-17, 1993.
- 14) Hallikainen, D., Iizuka, T., and Lindqvist, C.:

Cross-sectional tomography in evaluation of patients undergoing sagittal split osteotomy, *J. Oral Maxillofac. Surg.* 50 : 1269-1273, 1992.

- 15) 若江五月, 小林馨, 山本昭, 田中守, 木村由美, 三島章: 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2 断層位置の不一致について」, 歯放, 37 : 242, 1997.
- 16) 米山ゆき子: 断層撮影法による無歯顎下顎骨断面の形態測定—乾燥下顎骨による測定方法の基礎

的検討—, 補綴誌, 42 : 30-40, 1998.

- 17) 宮田伸樹, 佐久間貞行: 断層撮影法における軌道と画質, 現代医学, 21 : 17-20, 1973.
- 18) 木村和衛, 上田稔, 伊藤陸郎, 松川明, 岩井昂, 永井勝美, 田中正己, 五十嵐寛光: 多軌道断層撮影装置による断層撮影法の研究 第1報 臨床的研究 第1報 各種管球運動方式における頭部断層像の比較, 日本医放会誌, 34 : 127-134, 1974.