

総 説

1976年以來の視聴覚教育と二、三の研究の概要

村 井 竹 雄

岩手医科大学歯学部歯科放射線学講座*

〔受付: 1981年1月21日〕

1 はじめに

本誌の編集委員長伊藤教授からの停年までに総説のようなものを是非投稿してほしいという御要望に応じ筆をとることとした。停年者は本学の恒例にしたがい最終講義を行はねばならぬ。さて私は何を話そおかと考えた末、表記の内容をとりあげることとした。しかし本学の招きに応じて勤務すること5年、加えて私の能力では内容も乏しいものとならざるを得ないが何か一部でも参考になれば幸である。

2 教育に関して

歯学教育においても今後教科の数は増すことはあっても減ずることはないであろう。限られた時間内でそれらを少しでも多く学生に理解せしめるよう絶えず努力することは私共の当然の責務と考える。講義時間などについて *vieler besser* の考えはすでに当てはまらぬであろう。

私の担当歯科利用のための放射線学にあっては終極の主目的はX線診断であると信ずる。その読影の対象となるX線写真に対する基礎的知識、それらを得るために利用するX線（放射線）についての放射線物理学、生物学などの知識を興えることは必須と考える。それらはX線

装置、X線フィルムなどの新製品のカタログ記載事項のみに目を奪われることなく、自主的判斷によるそれらの選択と利用による新技法の考案を可能ならしめ、無益な出費などを招くことなく、放射線障害を有効に防止しつつ目的を果すことに役立つであろう。かく考え現在行っている視聴覚教育方法を紹介する。

A 示説用X線装置¹⁾の利用

1) 目的

歯科臨床で現在最も頻度高く利用されている、60kVp X線について下に記すような項目について実験示説する。

- a. 蛍光作用
- b. 物質透過作用
- c. 空気に対する電離作用
- d. 電離作用を利用する線量測定
- e. アルミニウム (Al) による減弱曲線を実測データより求めさせる
- f. 照射野の広さと散乱X線

以上を講義室で実験しながらテレビジョンを利用し示説を行いX線物理の理解に役立てんとする。

2) X線装置等の概要

X線発生装置と付属機器について述べる。

X線発生装置は单相全波整流式で電源には1.1 kWの定電圧装置を用いている。管電圧45 kV、

Some methods of audiovisual education in radiology and xperimental studies concerning x-ray timers, panorex radiography in our department since 1976.

Takeo MURAI

(Department of Dental Radiology, School of Dentistry, Iwate Medical University, Morioka 020)

*岩手県盛岡市中央通1丁目3-27 (〒020)

Dent. J. Iwate Med. Univ. 1: 1-17, 1981

60kV管電流 3mA (7秒) と 5mA (60kVp) 7mA (45kVp), 2秒 (電子式タイマー, 2秒) 同時点火, 先点火, 以上の条件は操作台上のスイッチにより任意の組合せとすることができる。装置に付せられた絞りは光により照射野を明示できる可変式としてある。その他フィルター保持器, 電離槽保持器, 鉛当量2mmの鉛ガラスで防護された蛍光板, ピットマンX線線量計とアルダーソン頭部ファントム等を備えてある (図1, 4, 6)。

3) X線防護

講義室内でX線を発生させて行う実験を示説するためには完璧な防護を必要とする。そのため主線の方向には前述の蛍光板をおきその他の面は1.5mmの鉛板で裏装された1mmの鉄板で箱形 (100×40×33cm³) に取り囲めるよう設計してある。図4はX線発生時の防護状態を示す。図2, 3, 6は防護壁の内部に装置等を配置した状態を示す。防護壁で周囲をかこんでの実験の途中で絞りの大きさを変化させたり, フィルターを交換したい時には上壁にある覆 (40×32cm²) をとり除けば中に手を入れることができる。覆をおけば再び防護は完璧となる。1側面には開き戸式 (25×25cm²) の防護がとり付けてあり, 散乱X線の一部をとり出すこともできる (図7)。

4) 利用法

a) X線の蛍光作用と物質透過作用

現在では, かつて医科で広く行われていた透視診断はテレビジョン利用による診断法に変わった。したがって透視台で蛍光板がX線を受けて輝く蛍光を直接目で見るとは殆ど不可能である。歯科ではなおさらのことである。しかしX線の性質として必ず記載されるものの1つがその蛍光作用である。その現象を学生に示説することのできるのは学生の一生を通じてこの示説のチャンス以外にはなからうと考える。示説のとき, 学生の所有する筆入れなどを借りて蛍光板の前面におけば中味のX線像が現れる。ボールペン, 万年筆などは暗い影, 鉛筆の心以外は

明るくうつる。X線管電圧を45kVと60kVに変化させると上記の蛍光の明るさと, X線像のコントラストはいかに変化するかを示しつつX線が物質を透過するが, 透過される物質の原子番号と密度, さらに厚さとX線管電圧 (線質) により, 透過に差のあることを解説する。これらの実験は図4の防護で, 蛍光板は学生側とする。

b) X線の空気に対する電離作用

この電離作用も蛍光作用とともにX線の性質として必ずかかげられている。教科書には中性だった粒子がX線的作用を受けると (+) の粒子と (-) の電子に分れる現象だと記されている。この実験にはブリキの空罐を利用した手作りの金箔検電器を利用する。これには対向する垂直2面に中の箔が見易いようにガラス窓を付してある。検電器とスライドプロジェクターを演台の上に組合せ, セットすれば黒板にはり付けた白紙に箔を投影することができる。前に述べたX線発生装置をその主線がプロジェクターの光路に直角方向に検電器を照射するようにセットする。以上の準備の下で, 講義室を暗くし, テレビジョンカメラで黒板上の検電器の箔付着棒が受像機によく写るように調製する。かくして, 絶縁用ビニールテープを急激にはがすとき発生する静電気で検電器を充電する。箔は充電瞬間に支持棒から離れて或る角度を保ちそのまま静止する。次にX線の照射を開始する。開始されると箔は支持棒方向に動きはじめる。照射中止で箔は静止する。さらに照射をつづけると箔は終に支持棒に接する。以上の現象を学生に示す。

上記の実験で箔の静止は検電器の壁と箔支持棒とが絶縁状態にあり静電気は他に逃げることなく充電が保たれ, 電位に変化のないことを意味する。X線照射により箔の開き方が次第に減少することは電位がだんだん低下しつつあることを意味し, この現象は充電されていた静電気量が少しずつ減少を続けていることを知らせることである。この減少する理由は絶縁状態にあった空気の抵抗が低下したためである。なぜか

という答としては前に述べた中性状態にあった空気中の分子が(+)と(-)の粒子に分れるという現象が検電器の中でも起り、(+)の粒子は検電器の負の方に(-)の粒子は(+)の方にひきつけられる。これにより充電された静電気が電離電流として流れて次第に失われ箔は終には閉じる。以上が電離現象の存在を示すものと、解説する。

上記実験でX線束を絞りで細くすると箔の動きがおそくなる。線束を一定にして管電圧のみまたは電流を変えても箔の動く速さが変化することも簡単に示説することができる。この示説には防護箱を利用できないので3方向を2 mm厚さの鉛板を折り屈げた衝立で行う。黒板方向は防護することは困難であるが散乱X線の強さは極めて低いので示説を行う者にも危険はない。

c) X線線量の測定

b) で解説したX線の空気に対する電離作用を応用して、X線の強さと線量を測定するピットマン線量計について述べる。実測は

図2の配置を学生に示し、その後防護壁で図4に示したように周囲を囲って行う。線量計の向って左上に見られるメーターの示度をテレビカメラのズームアップで4個の受像機に写し出して読みとらせる。口内法で上顎大白歯撮影は通常FSD 15cm, 60kV, 10 mA, 1.0秒以内で行われる。このX線装置は両波整流ではあるが臨床利用の自己整流装置と大差なしと考え、本実験条件での60kV, 5 mA 2秒に対する空気中線量は求められる。この値から逆自乗法則により、15 cm距離における空気中線量を求めることを演習テーマとし、公表されてる量を示し比較理解せしむる。同時に皮膚線量との関係などについて付言しておく。

図2のフィルターホルダーは一次X線束の通過をこの状態では防げない。なお正しい測定値を求めるためには電離槽の直径の約50倍の距離を焦点と電離槽中心の間におく必要があるが本実験の主目的は正しい値を求めるものでなく測定の概要を示すものであるから距離の不足は許されることも付言する。

d) 一次X線のアルミニウムによる減弱曲線を求めるための測定

衆知のように医療に利用しているX線は、多くの波長すなわち線質、言い換えれば物質透過力の異なるX線を含む阻止X線である。したがって臨床利用上その線質はアルミニウム(Al)の半価層と管電圧で示すことになっている。実測によりAlによる減弱曲線を求め、それから半価層を求めさせてX線の物質透過率と線質の関係、透過物質の違いによっても透過率に差を生ずることを示説する。この測定時の注意を述べて、X線装置、Alフィルター、電離槽の幾何学的配置もその注意にしたがっての配置であることを図2に関して説明し、示す。実測は前述の防護下で行う。Alフィルターの交換は防護壁上部開口部の覆を除いて行う。フィルターなし(0)、フィルターの厚さを少しずつ増し、厚さを変える度毎に透過線量の値を受像機上のメーター示度を学生各自に読みとらせてデータとする。学生各自に興えておいた半対数方眼紙の横軸にフィルターの厚さを直線目盛で記入、フィルターなしの時の線量を100%とし、各フィルター透過後の線量を%とし縦軸に記入せしめて、両者の関係を求めしめる。これが阻止X線の対数減弱曲線となる。かくして求

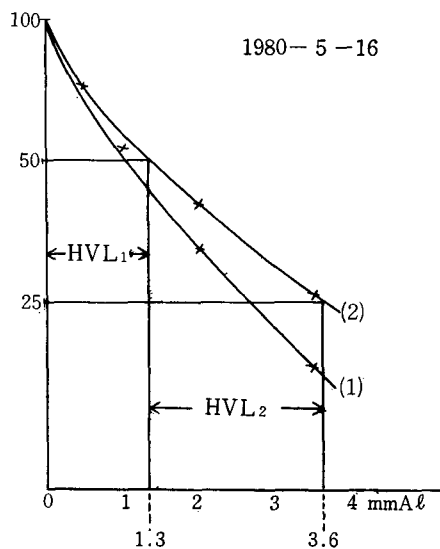


図 9

められた曲線を図9にかかげた。

(1)は45kV X線, (2)は60kV X線に対する曲線である。後者について述べる。

フィルターなしの X線は Al 約 1.3mm 透過により $\frac{1}{2}$ に減弱することが判明する。これがこの X線の線質を示す Al 半価層 (HVL) であ

る。この $\frac{1}{2}$ に減弱した X線がさらに $\frac{1}{2}$ に減弱するに要した Al の厚さは第2半価層 (HVL₂) と称せられ, これに対して上述の 1.3mm は第1半価層 (HVL₁) と称せられている。この

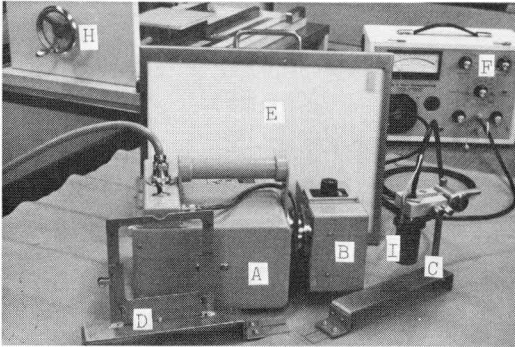


図1 示説装置の部品

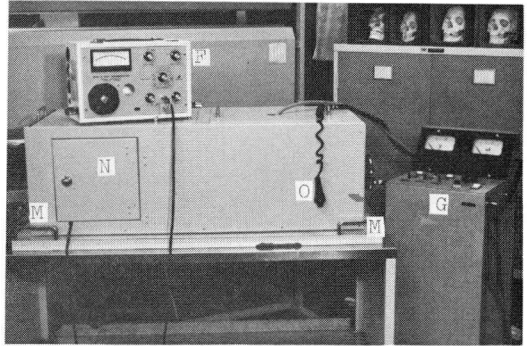


図4 Oのボタンをおせば防護壁の内部で X線が発生, Fのメーターが線量を示す目盛はテレビカメラで大きく写し学生各自に読みとらせる。

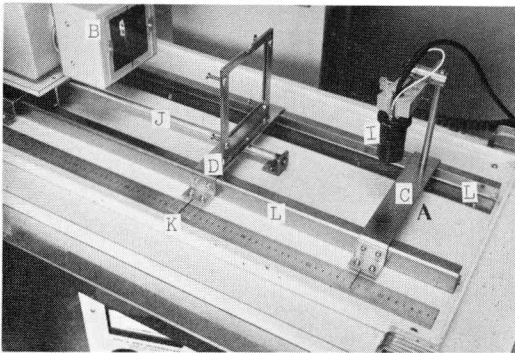


図2 空気中線量測定のための発生装置と電離槽の配置

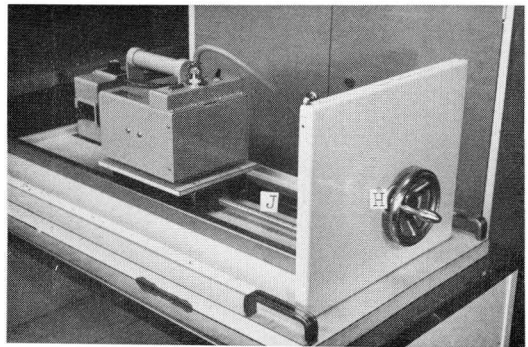


図5 Hの回転はJに伝えられる。これにより X線発生装置と蛍光板との距離を加減することができる。

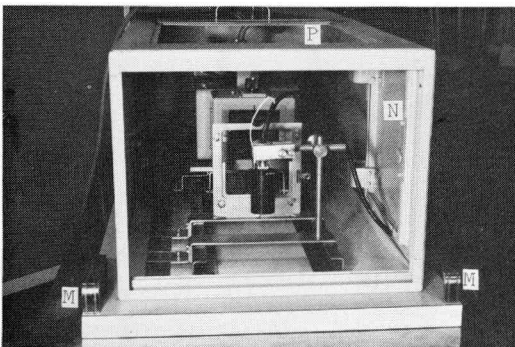


図3 図2に X線防護を行い, 蛍光板をとりはずしてその内部を示す。

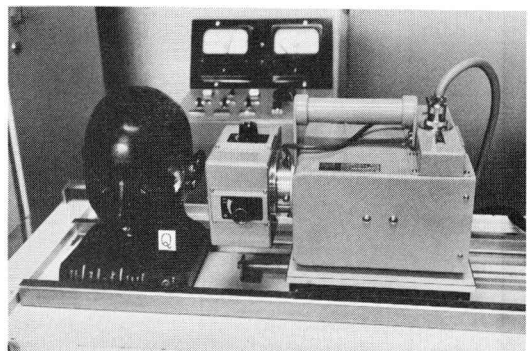


図6 散乱 X線と照射野の大きさとの関係示説のための配置

場合の $HVL_2 = 3.6 - 1.3 = 2.3$ で HVL_1 より厚い。曲線は 100%に近い点では遠い点におけるよりもその傾斜が急である。その理由の説明を歯科利用 X 線の減弱に当てはまる式

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad \mu = kZ^3 \lambda^3 \rho$$

により説明して理解せしむる。広く歯科臨床で利用されている X 線の HVL は Al 1.0 ~ 1.5

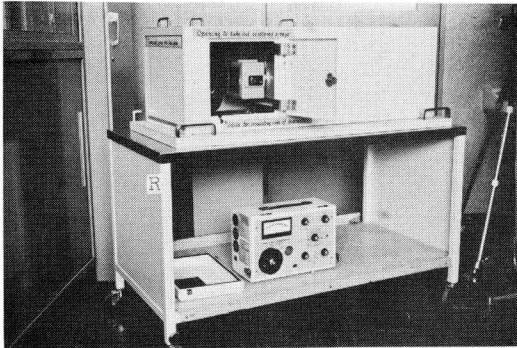


図7 図7の配置による散乱X線のとり出し窓

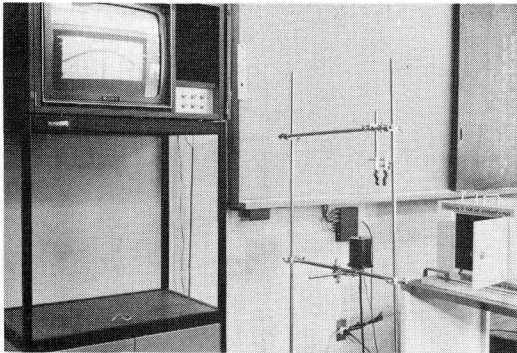


図8 散乱X線測定実況。受像機に線量計の示度が現われている。

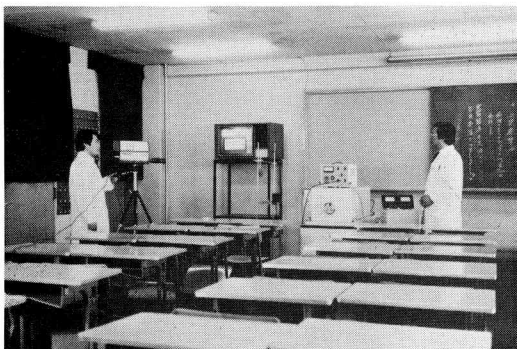


図9 散乱X線測定示説準備状況

mmであることを付言する。45 kV X 線の曲線と比較せしめて管電圧が物質透過にどんな影響を及ぼすか納得させる。

e) 照射野の広さと散乱X線

国際放射線防護委員会 (ICRP) は歯科利用 X 線防護上の必要事項中の 1 つに X 線照射孔にとりつける絞りの大きさは照射野の大きさを 6.0 ~ 7.5 cm 直径とするよう勧告している。なぜこのような注意が必要かの理由の 1 つに被写体からの散乱線の多少が絞りの大きさに関係があるからである。これを実験により示説理解せしめるのが目的である。この実験は図 6 に見られるように左にアルダーソン頭部ファントムを、その右に X 線発生装置を配置する、これは大体左上顎大白歯の口内法撮影時の幾何学的関係に準ずる。この状態で図 7 に示すよう防護を行い、ファントム前方に見えるように戸びらを開けて散乱 X 線のみとり出すことができるようにしておく。この状態で蛍光板が黑板と対向するように全体の方向を変え図 8 のように位置付する。線量計の感度を高くするために電離槽は散乱線測定用の 350 cc を用いてメーターの読み取りレンジのきりかえを行う。図 8 にその測定配置を示す。ファントム電離槽距離は約 100 cm として絞りの大きさと測定値の関連を求めて、いかに散乱 X 線が絞りの大きさに左右されるものかを視覚を通じて理解せしめる。データを次に参考としてかかげる。

- 測定条件 線源ファントム距離 17 cm
 照射条件 60 kVp, 5 mA 2 秒
 線束中心より前方 100 cm
 照射野 10 × 10 cm² 0.07 mR / 2 秒
 5 × 5 cm² 0.04 mR / 2 秒

(昭和 55 年 5 月 16 日示説)

以上が X 線物理の一端に少しでも多く興味をもたせ理解し易くしようとし試みつつある教育法の 1 つである。

示説用 X 線発生装置に関する図 (1 ~ 9) の各部位に付されたアルファベット記号の説明
 A : X 発生装置, 単相全波整流 (定格 : 60 kV 7 mA, 2 秒)

- B : 可視光式可変絞リ
 C : 電離槽保持器
 D : フィルター保持器
 E : 鉛等量 2 mm 鉛ガラス付蛍光板
 F : ピットマン・X線線量計
 G : 操作台・スタビライザー付
 H : X線装置と蛍光面間距離可変ハンドル
 I : 電離槽
 J : スクリウを付したX線装置移動桿
 K : cm スケール
 L : X線装置を置く台が移動する軌道
 M : 取っ手 (演台へ移すときなど手をかける)
 N : 散乱X線とり出し窓 (小戸びら付)
 O : X線発生スイッチ
 P : 防護箱の中に各部品をセット後, 実験の途中でフィルター交換, 絞りの調節など必要なとき防護覆を除いて手を入れる開口部
 Q : アルダーソン・ヘッドファントム
 R : キャスター付移動台, AからQのすべてを講義室などへ移動させるときに利用

B 16mm映画による断層X線写真像の得られる原理解説²⁾

断層像がいかにしてえられるかについては通常一枚の平面図により説明されている。しかし回転軸と被写体の立体的幾何学的基本構造などについて学生に理解せしめることは容易でないと考え。そこで断層撮影装置のシミュレーターを製作せしめて、これを用いて16mm映画によりその作動を示し、断層像がいかにして求められるかの原理を理解せしめるを試みている。これについて以下述べる。

1) 断層撮影シミュレーターの構造

図10と図12にシミュレーターの概観を示す。本装置はこれに専用のキャスター付運搬台にのせてあり、任意の場所に移動させることができる。

図10ではFで示す固定ピンで支柱は垂直に固定されている。支柱の長さは115cmでその上端には小形プロジェクターLを取りつけその下端には cassette を置く台に相当する Paper tray

と名付けた平板を取りつけてある (図11)。上端から下方95cmに、支柱には回転軸を設けてある。ピンFをはずせばこの軸を中心とし支柱は振り運動を行うことができる (図12)。Lと paper Tray の中間に上記振り運動にかかわらず常に水平を保つことのできる透明プラスチック板を被写体台として、設けてある。この台は図10と12にCとして示した2ケのネジをゆるめると同部に備えた cm スケールに示された任意の高さに変え水平に固定することができる。スケールに示された数値はいわゆる断層面の深さを示すことになる。臨床で用いられている断層撮影装置では上に述べた支柱の回転軸の高さを上下に移すことにより、断層面を設定しているが、本シミュレーターでは機械的な構造を簡易化するため上記のように患者の位置を保たしめる撮影台に相当する Object Tray と名付けた部分の高さを変えることで幾何学的関係を臨床利用と相対的に一致せしめるよう設計したものである。示説用被写体は金属線で図11, 13に見られるような高さ1cm差の5つの階段を作り各階段には高さを示す金属製の数字を付してある。以上を用いて行うシミュレーションを16mm映画にして示説を行っているのもその内容を紹介する。

2) 映画の内容

はじめにシミュレーターの構造とその作動についての説明、続いて目的の深さ、この場合は高さ、にある像のみが明瞭な像、すなわち断層像としてとらえることになるかの解説を試みている。

前述のCのネジを操作して、被写体台を5cmの高さに水平固定する。次に台の上に階段被写体を任意に置き、paper tray 上に白紙を固定する。この状態で図10に示すLから垂直に投光すると図11に見られるような数字の像が現はれる。この像を黒く白紙に写し書く。この像 (S_1) はX線の場合なら通常のX線写真に相当する。上記の状態を保って置いて図12のように支柱をうごかしFピンで固定、Lの光を投ざると図13の S_2 に見られるように上述の記録さ

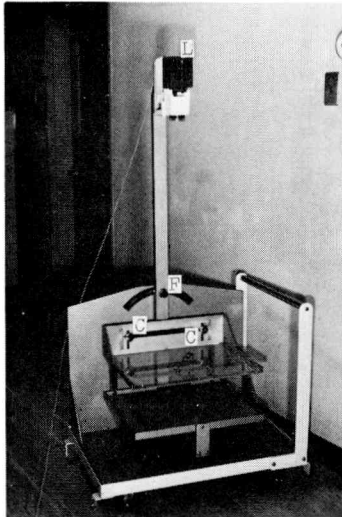


図 10

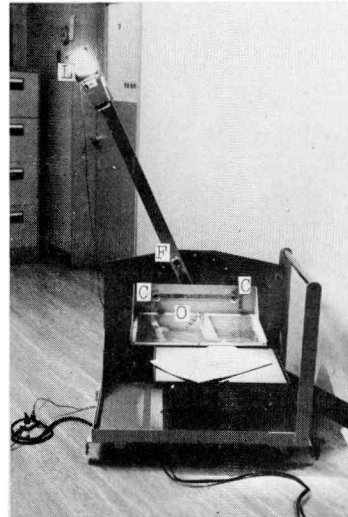


図 12

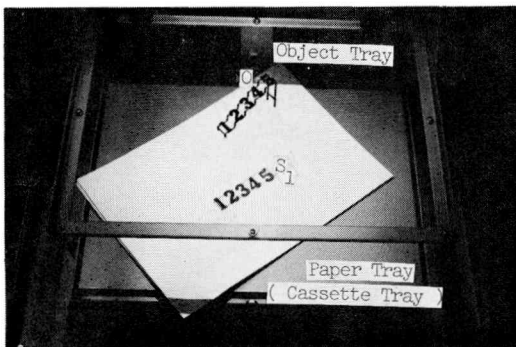


図 11

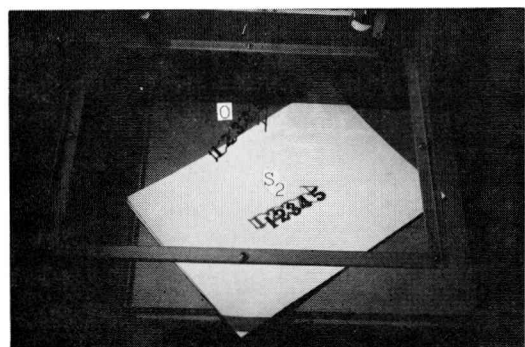


図 13

れた数字の5に5の影は、ずれることなく重なる。しかし他の数字の影はどれも記録された影から、ずれて5のように重ならない。映画ではLから投光の状態ですべてを手でゆるやかに運動させつつ S_2 をクローズアップで示すと5の影は静止しているがその他の数字の影は絶えず動いて記録された数字とは重ならぬことがよくわかる。0の位置を他に変えても以上の現象は同様に変わらぬことも示してある。高さ3 cmについても同じことをくり返して写してある。以上によりあらかじめ選んで固定された高さの平面に存在する物体の影のみをとらえることのできる断層撮影装置の基本構造と断層像の生ずる原理が容易に理解されるものと考え。最後に医学部病院のシーメンス社製の断層撮影装置に

よる上顎洞の撮影実況と得られたX線像をかかげてある。

断層撮影シミュレータの説明図10~13に付された記号の解説

- L : X線源に相当するプロジェクター光源
- F : 固定ピン
- C : 断層面の深さ(被写体台) 調剤ネジ
- O : 被写体階段
- S_1 : 図10の状態ですべてL光源により白紙に投影された0のトレース像
- S_2 : 図12の状態での0の投影像, 数字の5以外の影は全部トレース像からずれる。

3 研究に関して

これから述べることはすでに日本歯科放射線

学会誌に発表した2編の報告^{3,4)}に記載された内容の一部と Panex X-100による Ellipsopantomogram のX線解剖について、と題する目下執筆中の報告内容の一部である。

A 同時点火式歯科用X線装置タイマー作動とX線照射について³⁾

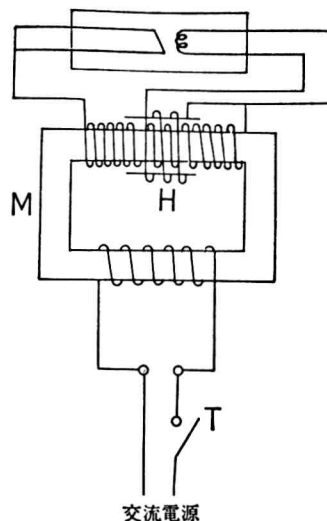
歯科で歯牙を中心としたX線写真撮影を行うときはデンタルフィルムを患者の指で口の中に保持せしめて、患者の頭部は一定にさせておく、そしてX-ray Head と称されているX線発生部をその支持部には何らの操作を加えることなく、ヘッドを広範囲に自由にスムーズに動かし目的の位置に静止、撮影可能ならしめることが歯科用X線装置の必要条件である。これは一般医科用装置との大きな違いである。したがって発生部分を小形軽量とするため自己整流の60 kV, 10 mA 内外で5秒照射の小容量のものが最も多く用いられている。その基本的配線を図14に示す。これが同時点火式歯科用X線装置の基本である。照射条件はTで示したタイマーのみにより決定される。

1) タイマー作動とX線照射

前述の管電流10 mA とは陰極フィラメントに発生した熱電子が毎秒 6.3×10^{16} 個陰極から陽極に向かって移動することを意味している。この熱電子の数はフィラメントの温度に比例する。

この事実はタイマー作動の瞬間X線管に高電圧は与えられるが、フィラメントの温度は10 mA の管電流に達するほどに上昇せず、必ず一定温度に達するまでにはタイマー作動からいくらかの時間のおくれをもたらずことを物語る。

上記についての実験を行った。その方法はタイマー作動の瞬間から作動停止までの時間を交流のパルスで測定、これと同時にX線を蛍光板の小片に受けて発生する蛍光を鉛ガラスを通して光電子増倍管に作用させてパルスに変える。パルスの高さはX線強度、数は照射時間となることを応用した。これに用いた装置一式を図15に示す。



同時点火式配線模形図 (電圧、電流固定形)
M 主変圧器 H 加熱変圧器 T タイマー
図 14

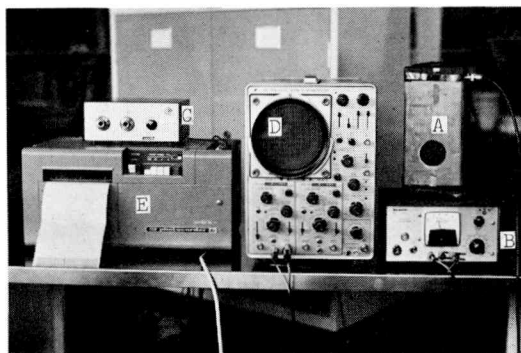


図 15

- A: 2 mm鉛板でシールドされた光電子増倍管
- B: 光電子増倍管に興える高圧電源
- C: コントロールボックス
- D: Dual beam シンクロスコープ
- E: 電磁記録装置

図16に装置の用い方を示す。

測定はS社製 Heliodent 60, P社製の Oralix 50, Oralix 65と国産のJ I S規格D-60-S相当の装置の計4機種について行った。成果の一部を紹介する。図17, 18に見られる上下2段のパルスのうち上段はタイマー作動時間を、下段はX線による蛍光パルスを示している。図17は Oralix 50のタイマー目盛0.1秒照射で求められたパルスであるが、0.1秒目盛で12パル

BLOCK DIAGRAM

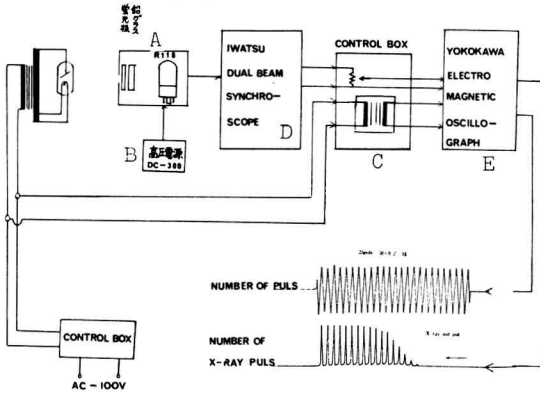


図 16

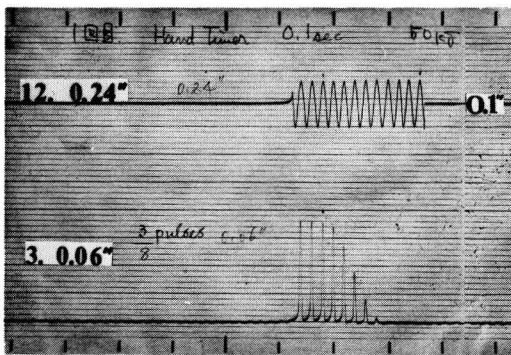


図 17

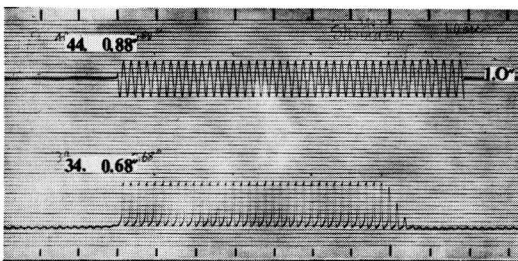


図 18

す、すなわち $12/50 = 0.24$ 秒作動し、それにより X 線によるパルス高さが一定、つまり X 線の強さが定格値に達するまで 9 パルス、約 0.2 秒タイマー作動開始より遅れることが判明する。図 18 は国産装置からの結果であるが X 線の強さが定格値に達するには $44 - 34 = 10$ パルス、0.2 秒を要する。次に S 社製の装置についての実験の一部をとりあげて述べる。これには図 19 に見

られるようなオートマチック・タイマー、Dosimatic と称するタイマーが付けられている。この利点は患者が成人か小児か、用いるデンタルフィルムの感度などに応じてあらかじめタイマー前面のパネル中央にあるノブを適当目盛にセットしておいて、撮影目的の歯を示すボタンを押し、図 19 の向って右下にあるタイマー作動ボタンを押せば電源電圧が変化しても自動的に一定の照射線量でいつも一定濃度の X 線写真ができることにある。図 20 は電源電圧 100 V、コダック・デンタルフィルム、焦点皮膚距離 20 cm、上顎小臼歯撮影条件により求められたパルスである。タイマー作動時間は 47 パルス、0.94 秒、一定強度 X 線照射時間は 39 パルス、0.78 秒でその差は 0.16 秒となった。これが前述の遅れ 0.2 秒に相当するもので、発表者らにはそれらを不感時間、タイマー作動時間を撮影時間と称せしめた。さらに上記タイマーは電源電圧が変わっても特定歯牙の撮影条件に設定しておけば一定の照射線量で撮影されるとのことであるが、その確認と上述の不感時間がどのように変わるかを目的として実験を行った。得られた成績を図 21 にかかげた。この場合は測定誤差を小さくしたいと考えフィルム感度は最底のノブ 1.4 にセットし下顎大臼歯の撮影条件とした。向って右側に示した数値はスライダックを

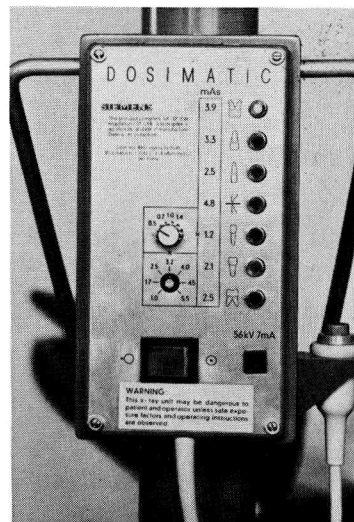


図 19

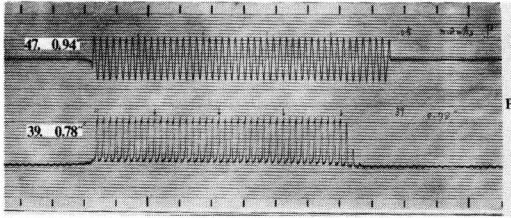


図 20

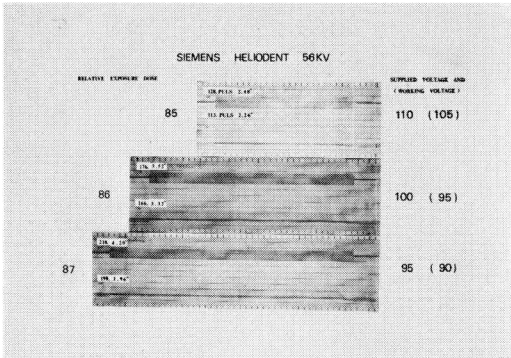


図 21

通して装置に与えた電圧（括弧内は作動時の低下電圧）を、左側の数値は電離量を示している。3組のパルスから次のことが判明した。すなわち不感時間は 110 V で 0.14 秒、100 V で 0.2 秒、95 V になると 0.24 秒と延長した。照射時間は 110 V では 2.26 秒、100 V—3.32 秒、95 V—3.96 秒と電圧低下による X 線強度の低下を照射時間の自動的延長で補い電離量は 85, 86, 87 と殆ど一定となることが確認された。上に述べたパルス測定と同時にに行えなかった線量測定は図 21 が得られた各条件について別に行った。

2 通りの上記実験から、電源電圧と X 線強度とタイマー作動時間の関係を図示したものが図 22 である。これは Dosimatic の特性と考えられる。この種のタイマーは P 社製歯科用装置にもとりつけられており、今後他社の製品にも用いられるものと考えここに述べた。図 23 では筆者が東北大学で行った国産装置についての実験例である。この図より分ることはタイマーの精度は高いことであるが、0.2 秒以下では X 線写真は撮影できない。現在の装置に付せられてい

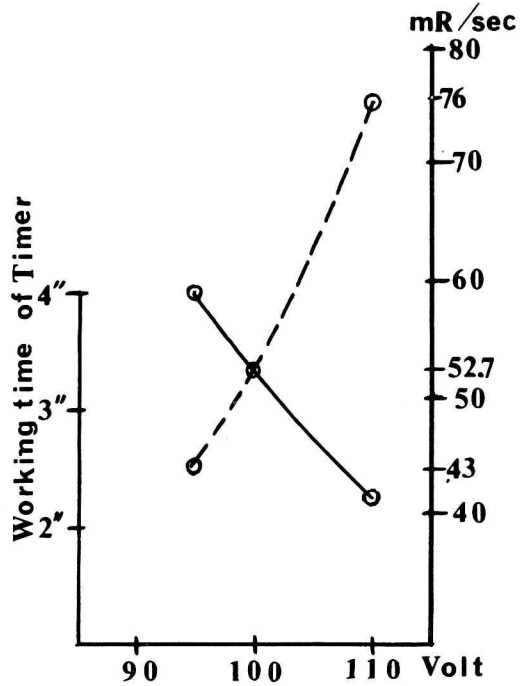


図 22

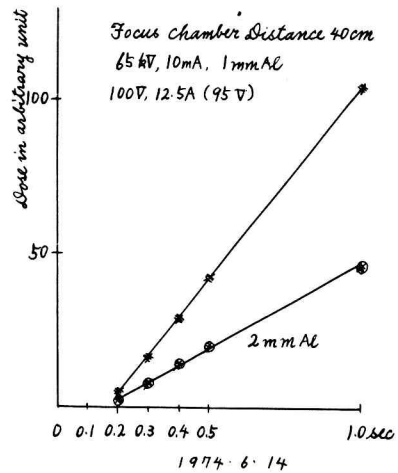


図 23

るタイマーにはこの遅れがもりこまれているものもある。

以上述べたように同時点火式装置利用にはタイマーの目盛りに不感時間を加えた時間が撮影時間であり、照射時間とは違うことを承知しておくことが望ましいと考える。

B panex X-100による Ellipsopantomography について⁴⁾

当科にはパノラマX線像を得るためのX線装置2機種が設置されている。1台は米国製のパノレックスと称せられるものであるがそれについてはすでに柳澤らの報告⁵⁾⁶⁾がある。その研究に続くものとして他の1台M社製のパネックスについての実験を行った。その一部を紹介することとした。上記装置はその名の示すように回転軸が歯列弓に似た楕円形 (Ellipse) の軌道に沿って移動しつつ撮影が行われる (図24) 先づこの軌道の確認から実験をはじめた。

1) 回転軸移動軌跡の求め方とその利用

図25に見られるようにして求めた軌跡が図26で、内側のもは歯列弓の中の狭い者に対するもので外側のもは広い者に対する軌道である。これらに対するカセット前面のスリットの移動軌跡を求めたら図27が得られた (B)。この図を利用して片側下顎上行枝をよく現出さすためには、その部がAに重なるように患者の頭部位置付けを行えばよいことが予測されるはずである。

この予測にしたがって求められた上行枝のX線像が図28である。

通常の方法に比して目的部がよく現出される。軌跡利用の1例を示した。

他の部の撮影にも応用可能と考える。

2) 積分吸収線量の推定

パノラマX線写真撮影に用いられている装置

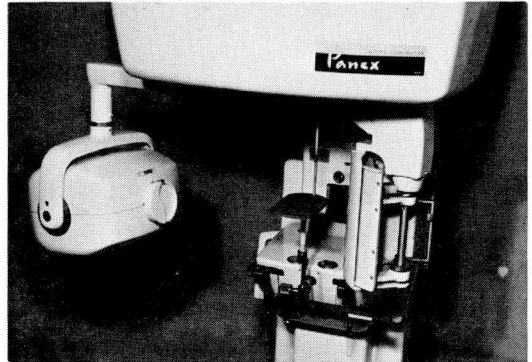


図 25

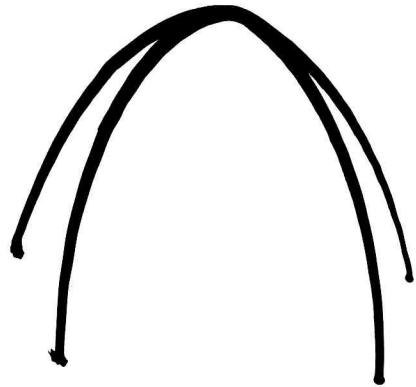


図 26

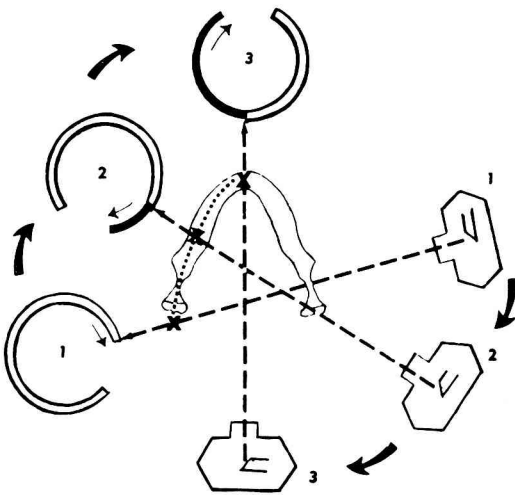


図 24

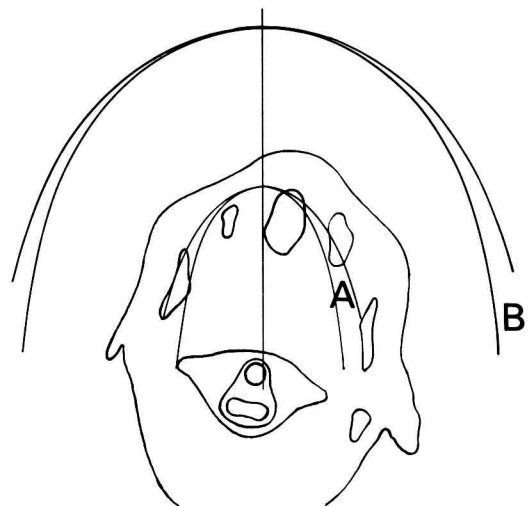


図 27

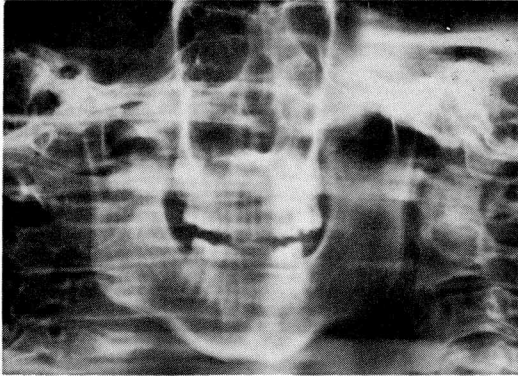


図28 左側上行枝の読影が容易

の1つである panorex については皮膚線量と頭部における線量分布については前任の柳澤らの報告⁶⁾がある。筆者は panorex X-100 について積分吸収線量を推定するための実験指導を行った。これには van Aken らの行ったエネルギーフルエンス法⁷⁾と写真法の2法を利用した。

前法では患者に照射されるX線の全エネルギーがすべて患者に吸収されるものと仮定した。照射されるX線の物理学的な量とR単位による量との関係は下の式で示される。

$$E_f = \left(\frac{86.9}{\mu_a/\rho} \right) \text{air erg/R/cm}^2 \dots\dots(1)$$

式(1)は照射野 1 cm² 当り、空气中 1 R に対するX線の erg 単位による線量 (E_f) を示す。μ_a/ρ はX線線質に個有の空気に対する質量吸収係数、86.9はX線量 E_f が1 Rとなるため空気 1 g について吸収される量である。E_f をエネルギーフルエンスと称している。式1の関係をを用いて積分吸収線量を求めるためにはさらに式2により計算すればよい。この式により求めんとするものは照射孔、この場合はX線発生装置にとり付けられたスリットの位置における撮影時のエネルギー量 (E_t) である。

$$E_t = 86.9 \left(\frac{\rho}{\mu_a} \right) \text{air A X T(erg)} \dots\dots(2)$$

- A : 照射スリットの面積 (cm²)
- X : 照射スリットの位置におけるX線強度 (R/秒)
- T : 撮影時の照射時間 (秒)
- Xは線量測定により、TとAは計測により求

められる。ρ/μ_a は次のようにして求めた。Al 半価層を測定により求め、この半価層を有する単色X線と同一の線質を有するX線と仮定して、他の表の上から μ_a を求めれば ρ は空気の密度 0.001293 として ρ/μ_a の値は得られる。上記に関する詳しいことは抄略して式2の計算に必要な求められた数値のみをかかけると表1となる。それらを代入すると

$$E_t (\text{low mA}) = 86.9 \times 14 \times 0.9 \times 0.39 \times 23 = 9822 \text{ erg} = 98 \text{ g. rad}$$

$$E_t (\text{high mA}) = 86.9 \times 10 \times 0.9 \times 0.89 \times 23 = 16010 \text{ erg} = 160 \text{ g. rad}$$

となった。すなわち panorex X-100 により当院で行っている成人に対すパントモによる積分吸収線量は、98~ 160 g. rad と推定される。但し被写体の密度を1とした。

次に写真法について述べる。これにはアルダーソン頭部ファントム (図29) を用いた。こ

表 1

	*95kV, 2.5mA	**95kV, 7.8mA
ρ/μ _a	14	10
A	0.9cm ²	0.9cm ²
X	0.39R/sec	0.89R/sec

T₁=23秒 (狭い歯列弓) T₂=19.5秒 (広い歯列弓)

* 側方向照射 ** 後前方向照射

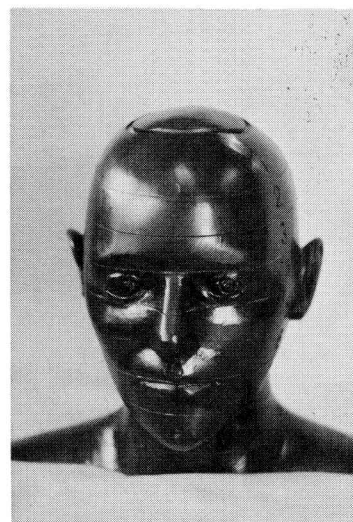


図 29

れは眼耳平面にはほぼ平行に頭頂から頸部まで9個、肩の部分も加えると10個に分割されている。それらのうち頭頂部を除き他のスライスの厚さは2.5cmである。これらのスライス間にX線フィルムをはさんで重ね合わせ全体を遮光し通常行なわれている成人撮影条件で照射した。それらフィルムと、別に同一乳剤のフィルムに既知の線量を階段的に照射したものを同時現像した。かくして得られた各フィルムについてサクラ等濃度記録装置PD1-10を用いて等濃度図形を求めた。この図形を階段黒化フィルムの濃度と比較して等線量図形に読みかえた。図30の左はサンドウィッチされたX線フィルムで、その等濃度図形を右にかかげた。ファトームの上から2と3段目のスライスの間にはさまれたものから得られた図形である。このような他のすべての図形を前述の階段的照射フィルムの濃度と比較し等線量図形に読みかえた。そしてプラメータにより各等線量(D_i)の面積(A_i)をそれぞれの図形について求めた。等

線量容積は A_i × 2.5に近似すると考えた。

すなわちファントームに対する積分線量の推定値を $\sum_i 2.5A_i D_i \text{ g} \cdot \text{R}$ としてこれに R · rad 変換係数0.98を乗じて積分吸収線量とした。表2に得られた数値をまとめて示した。推定量は約88 g · rad となった。上記の測定はファントームスライス頭頂部を1とし順次2, 3, 4, 5, 6, 7~10個のうち2と3(I) 3と4(II) 4と5(III), 5と6(IV), 6と7(V), 7と8(VI)について行ったものである。上記以外はX線主線に殆ど含まれないものと考えて測定から除いてしまった。

すでに述べた実験から本歯学部病院で日常行っている panex X-100によるパノラマ撮影による成人の積分吸収線量は約100 g · rad と推定した。

3) X線解剖

言うまでもなく panex による撮影も Ortho-pantomograph を得るためのものである。他の機種によるものを含めてのオルソパントモグラフ(以下オルソパン像と略す)のX線解剖に関してはすでにいくつかの記載がある。しかしそれらは日常我々の診療対象となる頻度の高い異常または疾患の診断には大体満足されるものと考えられる。

それらは日常広く行われている幾何学的撮影条件に対するいわゆる断層域に含まれている解剖構造についてである。通常の平面断層撮影像に現われる障害陰影なるものは断層面を自由に選んで撮影できるので、それらはいかなる部位のどんなものかの判断が比較的つけ易い。しかしオルソパン像では上記障害陰影の解析は困難である。この解析は臨床上有意義と考え、その研究指導を行いつつあり現在その成果の報告に着手中である。その一部を紹介する。

a) 頭部の位置付けと主要解剖構造の現出

被写体としては通常解剖実習教材として用いられている頭部骨標本とキルゴア社の11分割頭部骨標本を利用した。それぞれの撮影時の位置付けは一般原則に従った。先づ眼耳平面のみを前傾(負の記号で示す)と後傾(正の記号で

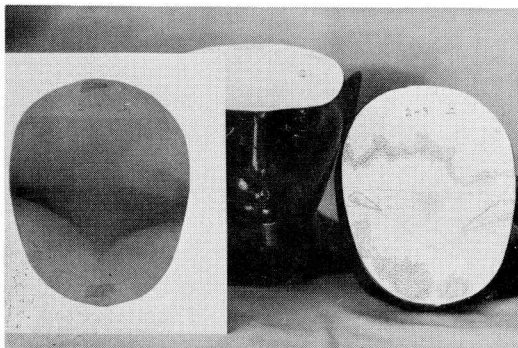


図 30

表 2

Dose(mR)	Area (cm ²) for each dose in mR in different slice of Phant.						Total area of same dose in cm ²	Integral dose for the same dose
	I	II	III	IV	V	VI		
3.6							3.97	14.29x2.5
7.2	7.33	2.60	1.73	4.50	0.47	9.13	25.76	185.47
10.8	55.07	41.83	9.83	24.80	19.17	7.90	158.60	1712.88
14.4	43.50	72.84	35.57	15.97	11.87	6.60	186.35	2683.44
21.35	65.50	60.13	113.20	79.50	40.07	49.60	409.00	8732.15
28.3	8.17	11.93	18.87	7.77	20.43	3.47	70.64	1999.11
42.3	27.63	28.00	27.93	46.37	45.50	27.44	202.87	8581.40
56.3						5.20	5.20	292.76
83.8	3.83	5.50	5.67	11.57	14.23	15.40	56.20	4709.56
111.3								
168.8	2.37	3.47	2.77	4.53	5.43	6.03	24.60	4152.48
226.3								
242.3	0.57	1.83	1.87	1.5	1.77	1.13	8.67	2967.74
								36031.29 x 2.5

* Each was too small to be measured
Total integral dose = 36031.29 x 2.5 = 90078.22mg.R ≈ 90 g.R ≈ 88 g.rad

表 3

Anatomical Landmark	Angle		chin down			Horizontal		chin up							
			-20°		-10°		0°		+10°		+20°				
1 Orbitalmargin upper	△	-	-	△	-	-	△	+	+	△	+	+	△	+	+
1 Orbitalmargin lower		+	+		+	+		+	+		-	+		+	+
2 Superior aspect of zygomatic arch	○	-	-	○	-	-	×	-	-	×	-	-	×	-	-
3 Inferior aspect of zygomatic arch	○	+	+	○	+	+	△	+	+	△	+	+	△	-	-
4 Posteromedial wall of maxilla	○	-	-	○	-	-	○	-	-	△	-	-	△	-	-
5 Floor of maxillar sinus		+	+		+	+		+	+		+	+		+	+
6 Lateral wall of maxillar sinus	×	-	-	×	-	-	×	-	-	×	-	-	×	-	-
7 Posterior wall of maxillar sinus		-	-		-	-		-	-		-	-		-	-
8 Lateral pterygoid plate	○	+	+	○	+	+	○	+	+	△	+	-	×	-	-
9 Medial pterygoid plate	△	-	-	△	-	-	△	-	-	△	-	-	×	-	-
10 Posterior margin of palatine bone	×	-	-	×	-	-	×	-	-	×	-	-	×	-	-
11 Floor of nasal cairty	○	-	-	○	-	-	○	+	+	△	+	+	△	+	+
12 Floor of orbit (upper wall of maxillar sinus)		-	-		-	-		-	-		-	-		-	-
13 Lateral wall of orbit	×	-	-	×	-	-	×	-	-	△	-	-	△	-	-
14 Optic foramen	×	-	-	×	-	-	×	-	-	△	-	-	△	-	-
15 Foramen rotundum	×	-	-	×	-	-	×	-	-	×	-	-	×	-	-
Key No. of the radiogram		31	36		29	34		28	33		30	35		32	37

○△×印は片山大庭らによる成績 +現出 -認められず ○現出 △どうか見られる ×認められず

示す) 角度を -20°, -10°, 0°, +10°, +20° とし主要解剖構造現出の確認を行った。上記角度は片山ら⁸⁾の実験に従いその追試とした。図31にキルゴア標本の-20°固定の実況を示した。

表3に上記実験の成績を一括してかかげた。片山らの成績とほぼ一致することが確認された。

b) X線解剖に記載のない解剖構造像の解析前に述べたオルソパン像に現われる障害陰影

と記載のない、いくつかの解剖構造の解析を試みている。それらの一部について述べる。解析は頭骨の種々なる部位にX線不透過物質であるフューズ、デンタルフィルム包入鉛合金箔または小形散弾などを目印として付着させてオルソパンを撮影してX線像とし現出させる部位を確認したり、場合によっては目印を除去した像と比較し、目印のあった部分が現出されるか否かを検討した。図32は上顎洞の上壁と外側壁に、図33は内側壁と後壁に鉛合金箔を付し、それら

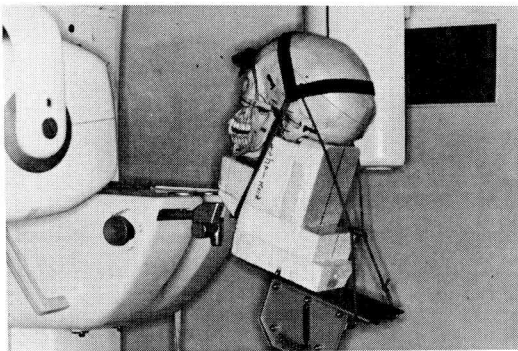


図 31

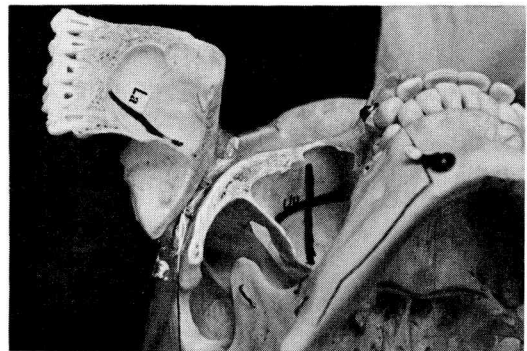


図 32

目印を黒く染めた状態を示した。洞底にも付したが図では見えない。

上記のほか右眼窩縁にフェーズを、左眼窩内壁には箔、その他数ヶ所にも目印を付した。そ

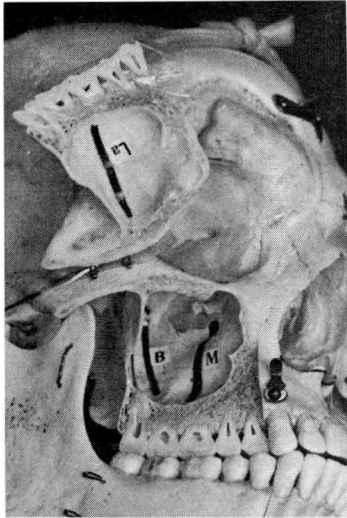


図 33

のオルソパン像の一例を図34に示した。左側頬骨弓に付せられた円形目印と重なる垂直目印は翼状突起外側板の中央に付した合金箔である。

図35の両側眼窩底に近く黒く見られるのは下眼窩裂の右側は下の骨縁に、左側は上の骨縁に付されたフェーズの位置を示すものである。

図36, 37と38は前記目印を付した頭骨のオルソパン像である。垂直矢印は右側視神経孔に付し

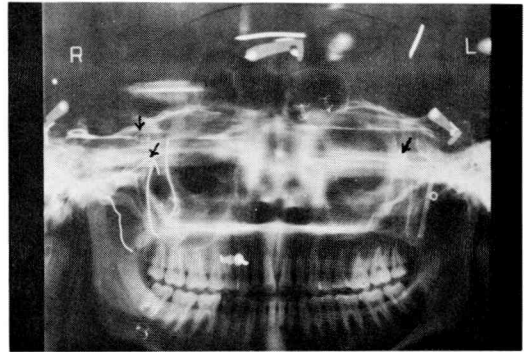


図36 0°

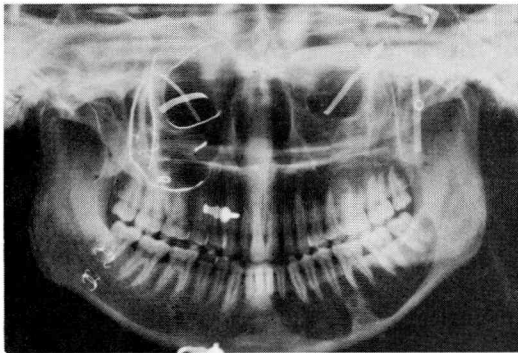


図34 -10°

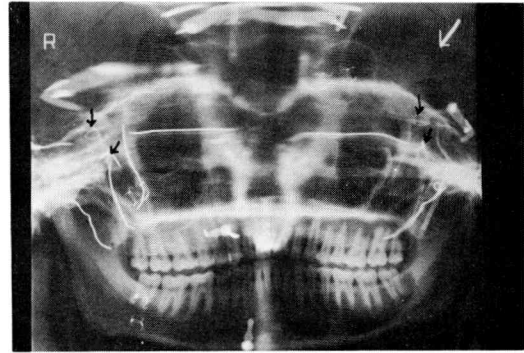


図37 +10°

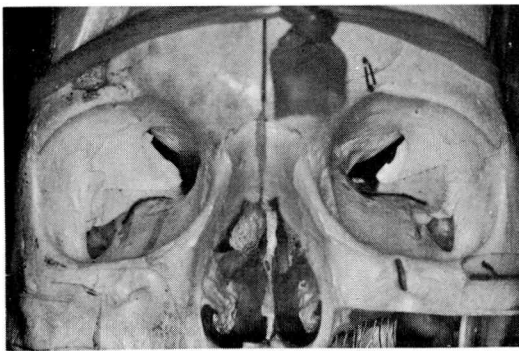


図 35

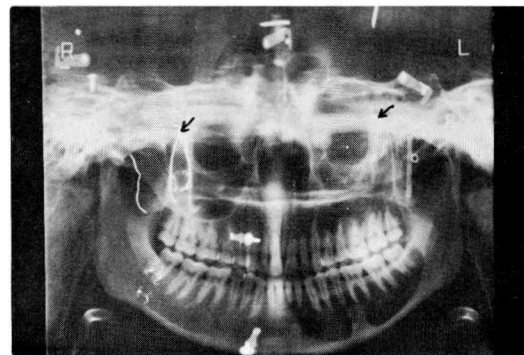
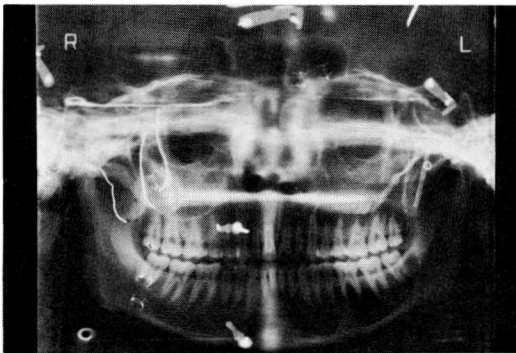
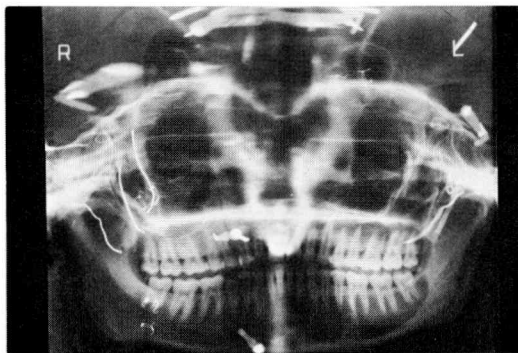


図38 -10°

た印で他の2つの矢印は下眼窩裂のものである。 $+10^\circ$ の像には視神経孔の印が左にも見られる。 -10° ではそれらは見られない。下眼窩裂の目印は両側に認めることができる。 $+10^\circ$ の像で特記すべきは両側眼窩を水平に走る2本の直線状不透過像である。それらの像はそれぞれ平行な2本から成り上部が太く、下の線は細く現われている。右側の太い線は左側下眼窩裂の目印のX線像で、左側は右側下眼窩裂の目印の像である、細い線はフェーズを付した部の骨縁と考えられる。以上のようにX線像が現われるのがオルパソン像の特徴である。次に下眼窩裂から目印を除いたオルパソン像を図39、40に示す。図39は図36と、図40は図37とそれぞれ同一条件で得られたものである。上述実験から図40の眼窩に水平に見られる細い2本の直線状不透過像は下眼窩裂の一部のX線像であることが確認された。他の頭蓋内部の2、3解剖構造についても前述と同様な方法により実験を行った

図39 0° 図40 $+10^\circ$

がそれらについて抄略する。

おわりに

筆者の講座で行ってきた視聴覚教育法と研究の一部をここに紹介することができたのは申すまでもなく、医学部の柳澤教授の公私にわたる御協力、生理学鈴木隆教授、平孝清助手の御協力と、当講座に在籍した方々と現職の教育職諸君の協力があったからである。さらに大きな力となったのは視聴覚教育のための装置等作製に対して大学当局より与えて下さった充分なる予算であった。筆者の上記教育方法を行いたいとの希望は本学就任のずっと前からのものであった。しかし、国立大学においてはその希望を予算獲得難にはばまれて実現できなかった。本学でその希望を果し得たことは教育者として誠に喜ばしいことであった。研究費についても何ら心配することなく過すことができた。本学を筆者に最後の教育の場として与えられたことは誠に幸せだったと感謝する。これで筆をおくにあたり伊藤教授から執筆依頼のあったことも感謝の気持ちに変わっている。皆さんありがとうございました。(56. 1. 21)

参考文献

- 1) Murai, T and Yanagisawa, T : A Demonstration Equipment for Teaching the Students Physics of Radiology. The 4th. International Cong. of Dento-Maxillo-Facial Radiology, Malmö, Sweden, 1977.
- 2) Murai, T and Yanagisawa, T : How the Tomographic Image is Produced? (16mm Cine Presentation) The 5th. International Cong. of Dento-Maxillo-Facial-Radiology, Portland, U. S. A., 1980.
- 3) 守口憲三, 緒方邦敏, 前田光義 : 歯科におけるX線撮影に関する基礎的臨床的研究 その1, 同時点火式歯科用X線装置タイマー作動とX線照射について, 歯放, 19巻1号, 14-27, (1979)
- 4) 北井善祐, 南原性七, 小川武裕, 守口憲三, 前田光義, 緒方邦敏, 小豆島正典 : 歯科におけるX線撮影に関する基礎的・臨床的研究 その2の1 "Panex X-100" による Ellipsopantomography について, 歯放, 20巻1号, 1-12, (1980)
- 5) 柳澤 融, 阿部広司, 館沢敏彦 : Panorex によるパノラマ撮影法, 歯放, 10巻10号, 24-28, (1970)

6) 柳澤 融, 阿部広司, 館沢敏彦, 丹羽克味 :
Panorex 撮影時の被曝線量測定, 歯放, 10巻10号
29-33 (1970)

7) J. van Aken and L. W. J. van der Linden :
The integral absorbed dose in conventional
and panoramic complete-mouth examina-

tions. O.S., O.M., O.P. 22(5) : 603-616,
1966.

8) Hitoshi Katayama, Takeshi Ohba and Yasuo
Ogawa : Panoramic innominate line and rela-
ted roentgen anatomy of the facial bones.
Oral Surgery Vol. 37, No. 1, 131-137, 1974.