



Title	X線像の雑音 (II) 一様分布雑音チャートによる骨X線像S/Nについて
Author(s)	竹中, 栄一; 木下, 幸次郎; 佐藤, 英久 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1966, 26(9), p. 1249-1265
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/20530">https://hdl.handle.net/11094/20530</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

## X線像の雑音 (II)

### 一様分布雑音チャートによる骨X線像S/Nについて

東京大学医学部放射線医学教室（主任 宮川正教授）

講 師 竹 中 栄 一

N H K 放送科学基礎研究所 物性研究室

主任研究員 木下幸次郎

研究員 佐藤英久

〃 中島緑彦（旧姓菊地）

(昭和41年5月12日受付)

#### “NOISE” in Radiographic Images

#### II. Signal-to-Noise Ratio of Bone Radiographic Images, Using a Random Noise Chart of “Uniform” Type

Eiichi Takenaka, M.D.

Department of Radiology, (Prof. Dr. T. Miyakawa)

Faculty of Medicine, University of Tokyo, Tokyo, Japan.

Kojo Kinoshita, Sc D., Hidehisa Sato and Rokuhiko Kikuchi

Broadcasting Science Research Laboratory, Japan Broadcasting Corporation,  
Tokyo, Japan.

Recently, there are to be prevalent Fourier-analyses in the radiographic system, of which some elements are only preferable: Foci of x-ray tube, intensifying screens and final radiographic images. But there is none who has studied into “noise” in the radiographic system. “noise” is one of the principal elements, influencing on radiographic image transmission. As a clinical application of “noise” analysis, ten radiologists observed the optically superimposed images of a random noise slide and pureradiographic slides of the skull, the femur and the lumbar vertebral body. As a random noise slide is used a two-dimensional random chart, corresponding to stochastic “uniform” distribution function. It's because this has very useful properties such as excellent reproducibility up to every detail in itself and producibility in any desirable stochastic distribution. Then signal-to-noise ratio (so-called S/N) on a screen can be calculated as  $S/N = 10 \log (s/n)$ , where “s” is object's illumination of bone slide and “n” is anillumination of random noise slide. This physical S/N is corrected for area, length, bilaterality and periodicity (effective or corrected S/N).

The results are obtained as follows:

1. The S/N observability curve has a normal distribution.
2. Range of “σ” (root mean square value) is 1.3—4.6 dB; min. 1.3 dB in (1) and max. 4.6 dB in (14).
3. The 50% obs. S/N lies in the range of -8.0—4.4 dB; max. 4.4 dB in (16) and min. -8.0 dB in (21).

Negative values are numbered 11 out of 17 inquiries.

4. The, 80% obs. S/N lies in the range of -4.9—6.0 dB; (2), (14) and (16) more than 5 dB and (21), (8), (18), (22) and (5) less than -1dB. Negative values are 7 out of 17 inquiries, but they can have positive values except (21), if corrected for area, length, bilaterality and periodicity. Such are more "effective S/N".

5. The 99% obs. S/N lies in the range of 1.7—15.1 dB; max. in (14) and min. in (8).

6. Regards as the 80% obs. S/N difference between magnification ratio of 0.73 and 0.55, there are (12) and (14) over one dB more than 2.2 dB, which is the calculated S/N difference on this experimental condition, and none over one dB less than 2.2. dB.

7. (15), (24) and (25) as to bone structure are undeducible for much higher S/N of the signals; on the contrary, (9), (11) and (19) for much lower S/N.

8. The higher or lower not the physical S/N, but the effective S/N, can we generally conclude, the less or more becomes object observable in clinical radiographic observation.

a) Group with low physical S/N and high effective S/N is mainly less observable: (4), (5) and slight deviated (6).

b) Group with low physical S/N and lower effective S/N is much more observable: (8), (9), (11), (18), (19), (20), (21) and (22).

c) Group with higher physical S/N and higher effective S/N is most unobservable : (2), (15), (16), (24) and (25).

d) Group with high physical S/N and low effective S/N is observable: (3) and (23).

Whhere integral numbers in parentheses are implied No of inquiries, which are listed on Table II.

Physical and quantitative influence of "noise" on the final radiographic images should be evaluated as a radiographic diagnostic basis. This is indispensable to the QUANTITATIVE diagnosis of radiographic images.

## § 1. 序 言

1950年来蛍光増倍管の進歩に伴ない、レントゲンテレビ、レントゲン映画が臨床医学の分野でルチンに使用される様になつて來た。それらは構成要素がX線管、蛍光増倍管、レンズ系、T V系と極めて複雑でその画質もまだ十分でない。近年来光学の方面でレンズ設計評価や画像評価に情報通信理論が応用されている。放射線医学領域でも数年前著者の一人がXTV画像評価についてフーリエ解析による取扱いを示してから盛となり<sup>5)</sup>、従来のコントラスト、鮮銳度による評価を更新している。併しまだX線管焦点や増感紙の取扱いが漸く盛んな程度でX線撮影系における像伝送の空間周波数特性に最も大きく影響を与えるものの一つである雑音については何ら解析されていない。X線撮影系における雑音源としては焦点関係(対陰

極の粗さと回転振動、電子ビームの雑音、X線ビームの形状、X線量子雑音、焦点外X線),附属器具(フィルター、紋り、グリッドブッキー、カセツテ)被写体(散乱、運動、位置関係、組織間干渉)増感紙及びフィルム(蛍光の時間的変動、粒子の空間的分布、両面性)などあり極めて複雑である。著者らは最終像たるフィルムについて増感紙の有無、片面フィルム、両面フィルムについて粒度と濃度、濃度計のアーチャサイズとS/Nの関係、S/Nの改善率、画角特性などについて既に報告した<sup>4)</sup>。

さて被写体の情報と上記の個々の雑音は集積されて最終的にフィルムに再現されている。既ち銀粒子より大きい雑音は普通の画像の如くフィルムは再生され、それに加えるに、フィルム像の構成

要素たる銀粒子の無作意の集合の局所的変動として雑音が存在している<sup>8)</sup>。X線撮影系においても、普通の写真系と同様にその情報を運びうる限界はフィルムのあらさ既ち粒状性が大きいに関係している。X線写真でもXTVにても上記雑音については、条件を一定にしても再現性は極めて悪く、1回実験する毎に雑音の“ $\sigma$ ”(標準偏差), “ $\mu$ ”(平均値), “R”(連)の平均値  $\bar{x} = \{E\}$  を調べる必要がある。併しこれは実際問題として極めて不便なので具体的に粒状性を解析するモデル<sup>1),10)</sup>としてRandom Noise Chartを用いた。これは次の利点がある。

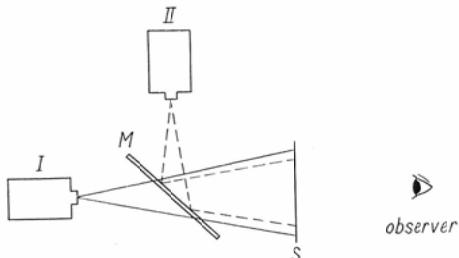
- ① 雜音の再現性が十分良い。
- ② 統計的な分布函数が明らかである。

既ち統計的一様分布に基いて木下らの試作せるOptical Noise SourceとしてのRandom Noise Chart<sup>1)7)</sup>を極めて鮮鋭な骨X線像スライドに重複投影し、フィルムの信号エネルギー対雑音エネルギー比(所謂S/N)を計算し、それと観察能との関係を調べた。この事は普通X線診断の基礎として、上記の各種要素に基く雑音又はBackgroundともいへるもの影響を物理的定量的に評価するものであり、XTVやX-Cineなどに応用される所大なると共にX線像の定量的評価の基礎として不可欠である。

## §2. 実験装置及び条件

第1図a、及び第1図bの様に、2つのプロジェクター

Fig. I. a Experimental Apparatus

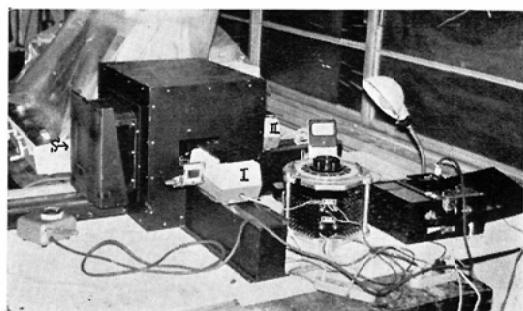


I II: Walz's Family Slide Projector

M: Semi-transparent mirror, coated with anti-reflexion metal membran (reflexion 30%, transmission 30%)

S: Screen glass (#1000) 200×200mm<sup>2</sup>

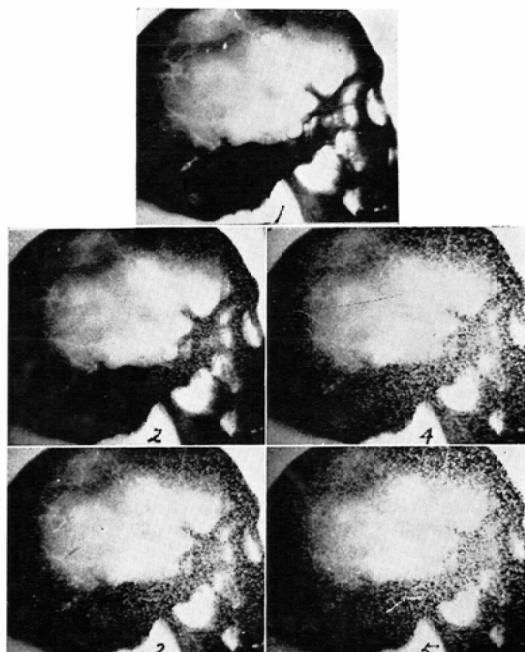
Fig. 1b Experimental apparatus



エクターIとIIから夫々雑音スライドとX線像スライドをスクリーンSに半透明鏡を介して、重複投影し、X線像スライドの明るさと大きさ及び雑音スライドの明るさをかえて測定を行なつた。

(Table 1, Fig. 2, Fig. 3)註1)

Fig. 2 The Observed Lateval Views of the Skull, Masked by Two-dimensional Random Chart (Uniform Type)



1: No masked

2,3,4,5: Illuminations of random chart are  
3,7,15 and 18 lx.

註1 この変化法で問題となるのは雑音用スライドプロジェクターの電源電圧をかえたから、スクリーン面上の色温度の相異がS/N検出能に影響すると考へられる

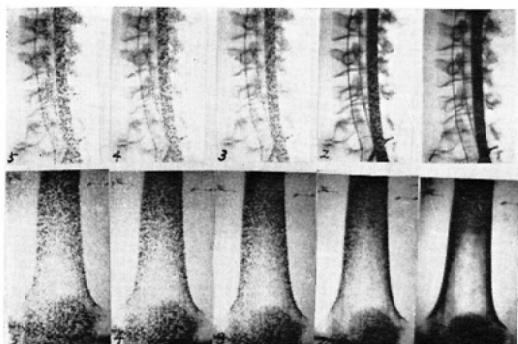
ので、量的に検討すると次の如くであつた。

本装置に用いたプロヂエクターの照度の変化範囲では色温度にして約3400°Kから5200°Kであった。その主宰波長の変化は約10μ以内である。之は比視感度曲線の感度比にして、約10%の変化を与えるのでS/Nにして最大0.5dBであるので無視した。

Table I Illumination Ratio of Bone Slide to Random Noise Slide of "Uniform" Type and Signal-to-Noise Ratio

Illumination of bone slide	30 lx Mag. ratio 0.73	50 lx Mag. ratio 0.55
Illumination of random noise slide		
3 lx	10.0dB	12.22dB
7 "	6.32"	8.54"
15 "	3.01"	5.23"
18 "	2.21"	4.43"

Fig. 3 The Observed Views of the Lumbar Body and the Femur, Masked by Two-dimensional Random Chart (Uniform Type)



1: No masked

2,3,4,5: Illuminations of random chart are 3,7,15 and 18 lx.

## 2-1) X線像スライド (Fig.2, Fig. 3)

使用した骨X線像スライドは次の如き条件で撮影したので、普通の人体撮影のX線写真やX-TVの像と比べると、雑音は無視できると考えられた。

撮影条件、被写体として屍体骨骼標本の頭蓋骨、腰椎、大腿骨をKodak AA（工業用ノンスクリーンフィルムで、X線管電圧70kVp、X線管

電流約100mA、焦点フィルム間距離100cm、曝射時間1.5secで撮影し、Kendol現像液で20°C 5分現像し、Fuji 35mm Fine Grain Positive Filmに、Kendol様硬調現像液20°C 2分の条件で縮写した。

又この直接写真をSchaukastenにかけ、雑音でマスクすれば、実際のX線写真撮影に近いが、装置の関係で出来ないので上記の方法でとつた。

またX線の入射方向は頭蓋骨では左→右方向、腰椎では第二斜位方向、大腿骨で前後方向をとつた。

## 2-2) 雜音スライド (Fig. 4)

雑音スライドに使用したランダムチャートの統計的分布をきめるために北川の乱数表<sup>2)</sup>を用いた。これは変数xの生ずる確率をf(x)dxとすれば、Fig. 4aの様な分布関数で作られている。

Fig. 4. A Random Noise Chart of Uniform Type

### a) Uniform distribution

$$f(x) = \frac{1}{A-B}, \quad A \leq x \leq B, \quad A < B$$

$$\mu = \frac{A+B}{2}, \quad \sigma = \frac{(B-A)^2}{12}$$

$$\mu = \text{mean value}$$

$$\sigma = \text{root mean square value}$$

### b) A random noise chart of uniform type



一様分布のときは一様乱数の数列 {xi} の xi に対して偶数なら "1"、奇数なら "0" と変形して規

格化数例を用い、"0"なら黒紙、"1"なら白紙を碁盤目に区切られた平面の一端から貼布して行けばできる。一次元一様分布チャートの $\sigma_x$ の収束性はやや悪いが、要素が200個以上なら使用可能である。本チャートは300個×300個で投影スクリーン面上約 $11 \times 11\text{cm}^2$ の広さの範囲に分布している。即ち3個/1mmである(Fig. 4 b)。その平均透過率は35%である。要素の大きさは最も細かいものをスクリーン上に最小になる様に投影した。従つて雑音の Spatial frequency の分布型は一定である。

正規分布型雑音チャートによる実験は第Ⅲ報に報告する。

### 2—3) 信号対雑音比の計算について

#### a) S/N の算出式

実験中にスクリーン上に生じる信号対雑音比は次の様にして算出した。

第一図において信号投影用プロヂエクターの与へるスクリーン上の照度  $I_s$  は投影用プロヂエクターにスライドを挿入しないときの照度を  $I_1$  とすると

$$I_s = I_1 \times St$$

である。但し  $St$  は信号用スライドの透過率である。同様にして雑音投影用プロヂエクターの与えるスクリーン上の照度  $I_n$  は

$$I_n = I_2 \times Nt$$

但し  $I_2$ : スライドなしの場合の照度

$Nt$ : 雜音用スライドの透過率

となる。

従つてスクリーン面上の信号対雑音化は通信工学と同様に、ここで問題にしているスクリーン上での両者のエネルギー比の対数を10倍した値を用いること

$$(S/N) = 10 \log_{10} \frac{I_s}{I_n} = 10 \log_{10} \frac{St}{Nt} + 10 \log_{10} \frac{I_1}{I_2} \quad \dots \quad (I)$$

となる。

(I) 式から  $S/N$  は夫々のスライドの透過率が一定でも投影用スライドの照度を変えて広い範囲に応用できる。

#### b) 信号の存在する広さ又は長さの領域による補正

上記  $S/N$  は物理的  $S/N$  であるが、我々が平面上の被写体像を検し求める場合には眼球は求め点の近くを走査すると考えられているので、信号対雑音比の走査に対する補正を入れる事ができる。この補正係数については別に報告するが<sup>6)</sup>、信号の存在する領域を長さ  $l$  又は面積  $S$  で示すと、これらの補正は近似的に  $\sqrt{l/hl}$  又は  $\sqrt{S/hs}$  である事は容易に求められる。但し  $hl$ ,  $hs$  は夫々長さ及び面積の補正係数である。これらから面積  $S \text{cm}^2$ 、長さ  $1\text{cm}$  による補正是次の如くである。

$$(S/N)_s = 10 \log_{10} \sqrt{\frac{S}{hs}} + (S/N) \quad \dots \quad (II)$$

$$(S/N)_l = 10 \log_{10} \sqrt{\frac{l}{hl}} + (S/N) \quad \dots \quad (III)$$

#### c) S/N の計算例 (Fig. 6)

第5問の中硬脳膜動脈圧痕について第6図に示すミクロプロトメーターの曲線から(1)式による計算を示す。

周辺との黒化度差 = 0.64—0.73

これを計算すると

周辺との透過率差 = 22.91—18.62 = 4.29(%)

これは(I)式の  $St$  に相当する。また

$Nt = 35\%$  (一様分布型雑音チャートの平均透過率の実測値)

$$I_1 = 30 \text{ lx} \quad (\text{Table I})$$

$$I_2 = 3 \text{ lx} \quad (\text{Table I})$$

故に(I)式から

$$(S/N) = 10 \log_{10} \frac{4.29}{35} + 10 \log_{10} \frac{30}{3} = 0.9 \text{ dB}$$

またこのときランダムチャートで  $n$  個/1mm の雑音があると長さ30mmの範囲では

$$\sqrt{30/hl} \times n \text{ 個}$$

の雑音があることになる。又その間の信号数を  $s \text{ bits}/1\text{mm}$  とすると長さ30mmの範囲では、

$$(30/hl) s \text{ bits}$$

となる。但し bit は最小情報量の単位であり、 $n$  は本例では約3bitsであり、上記計算例では8は約3.6bitsになる。

(III)式から求める  $(S/N)$  は次式で与えられ

る。

$$(S/N) = 10 \log \sqrt{\frac{30}{hl}} + 10 \log \frac{s}{n}$$

但し  $hl = 1$  として本例では計算してある。  
すなわち

$$(S/N)l = 7.3 \text{dB} + (S/N)$$

前5問では 7.3dBを加えたものを Effective S/N として示した。

## 2-) 実験の条件

### 骨スライドの明るさと大きさ (Table I)

雑音スライドの明るさは、電源電圧で表わすと、60, 80, 90, 100 Volt で行なつたが、明るすぎるるので、Neutral filter で  $1/10$  に下げて実験した。骨スライドの明るさは電圧 90~95 Volt である。なお倍率は原X線フィルムに対するスクリーン上の大きさとの比である。

観察面の実際の明るさ及び部屋の明るさは東芝製 LD-1-A 型光電管照度計で測定した。部屋の明るさは 1 lx 以下である。

観察に用いたシリガラスの細かさは、Detail perceptibility を良くするには細かい程よいが、光源が透き通るので 1000 を使用した。

骨スライドの黒化度の測定には、ナルミ製 250 型ミクロフォトメーターを  $10\mu \times 10\mu$  のアーチャーで測つた。測定のときの条件は次の通りである。試料速度は次  $14/3 \text{mm}/\text{分}$ 、紙速度  $140/3 \text{mm}/\text{分}$ 、試料速度/紙速度 =  $1/40$ 。

### ○観察者、医師10人

○注視点点及び注視範囲<sup>9)10)</sup> 眼の高さは画面中央であり、観察点間の画面の巨離は最大と思われる乳突蜂巣と側頭蝶形骨縫合部の間が約 6 cm であり、この間の注視点の動きは約  $4^{\circ}30'$  である。併し大腿骨内側頸と外側頸の巨離は最大のもので  $3^{\circ}$  以内である。その他のものは  $1.5^{\circ}$  以内である。

○観察対象 別表の通りで、Table II で解剖学的にも分り易く、且正常像でランダムチャートを重複投影しないとき誤認する事はない。頭蓋 10、大腿骨 8、腰椎 7、全部で 25 項目で、むづかしいものを選べば際がない。常識的な点から考えれば、他の骨に関する質問も以上の質問のどれかに

当てはまると考えられる。

○観察距離及び観察順序 巨離はスククーン対角線の 5 倍 75 cm、順序も一定でマスクしないものから質問し、雑音エネルギーを順次まして実験を行なつた。一部の人につき最大エネルギーの雑音をマスクした方からだんだん見易くしたときとの比較では前者が見易いものが、6 項目あり、見難くなつたものが 3 項目あつた。即ち全観察項目に対する返答 625 個の中 9 個が違うという事である。又エネルギーを変化させたとき一段階のみ yes 又は no がことなり、2 段階以上にわたつて変化してはいない。質問に対する返答が “yes” から “no” に移行する時が 1 段階 エネルギー差だけズレる事であり。

## §3. 考案及び測定結果

### 3-1) 観測条件の補足

雑音チャートは要素の大きさの最小のものを、本装置で最小に投影したが、XTV のノイズと比べると大きさで比較的近似しているが、普通 X 線写真と比べるとノイズはまだ大きい。従つて雑音の Spatial frequency の分布は本実験では一定とした。又観察距離は投影スクリーンの対角線の 5 倍 5 倍 75 cm にとつてあり、之に投影したとき実験装置で最大と最小投影でも倍率 0.55 と 0.73 であり、Signal たる X 線像の Spatial frequency の変化も制限をうけている。併し観察対象の違うものについて大きさの順に並べて比較して補なつた。本実験にて雑音スライドのエネルギーの適當な変化範囲内で S/N-obs. 曲線が書き得るということ。画像の大きさの制限、電源電圧の制限などのため、 $1/10$  Neutral Filter を使用した Table I の明るさは大部分の観察対象につき最も満足しうるもの 1 つである。

注視点については雑音加えたときと、加えないときで、同一点を見ていると仮定しては果してそうなのかどうかについては追つて報告する<sup>6)</sup>。

観察者についてもその経験年数に長短があるが、観察対象は正常像であり、病的異常像ではないから特に問題にならないと考えた。

Table II Results of Inquiries about the Skull, the Femur and the Second Lumbar Vertebral Body (A random chart of "uniform" type)

Inquiries	Magnification ratio Illumination of random noise slide	No of "Yes"						No of "Yes"								
		x0.73 (30 lx)			x0.55 (50 lx)			x0.73 (30 lx)			x0.55 (50 lx)					
		0	3	7	15	18	0	3	7	15	18	0	3	7	15	18
The skull	1 Can you find out the hypophyseal fossa?	10	10	10	10	8.5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	7
	2 Can you measure depth and width of the hypophyseal fossa?	10	10	5	2	0	10	10	10	10	6.5	3	1			
	3 Can you find out the posterior clinoid process?	10	10	8	4.5	1	10	10	10	10	9	4.5	2			
	4 Can you find out the suture at the pterion?	10	8.5	3	1	1	10	8	8	3.5	1.5	0.5				
	5 Can you find out the groove for the anterior division of the middle meningeal vessels?	10	10	8	1.5	0.5	10	10	8	8	4.5	1.5	0.5			
	6 Can you find out the alveolarity of the mastoid air cells?	9.5	4.5	1.5	0	0	9.5	5	5	1	0.5	0				
	7 Can you find out the sphenoïd sinus?	10	9	4	2	0.5	10	9	5	5	2.5	1				
	8 Can you find out the maxillary sinus?	10	10	10	10	8.5	10	10	10	10	9.5	9				
	9 Can you find out the ramus of the mandible?	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10				
	10 Can you find out the diploëtic structure of the occipital bones?	/	/	/	/	/	/	/	/	/	5	2.5	2	0.5	0	
The femur	11 Can you recognize it as the femur?	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	12 Can you find out the lateral and the medial condyle?	10	10	8.5	5	4.5	9.5	8.5	7	7	7	6.5				
	13 Can you find out the border between the compact and the spongy bone in the middle of the shaft of the femur?	9.5	4	0.5	0.5	0	9.5	5	1.5	1	0					
	14 Can you find out the border between the compact and the spongy above the condylar portion?	10	9	8	5.5	4	10	9	7	3	0					
	15 Can you find out the trabecular structure in the middle of the femur?	7	1.5	0	0	0	8	0	0	0	0	0				
	16 Can you find out the trabecular structure above the condylar portion?	10	7	1	0	0	10	7.5	0	0	0	0				
	17 Can you find out the trabecular structure at the condylar portion, hidden by the patella?	9.5	2	0	0	0	10	2	0	0	0	0				
	18 Can you find out the patella?	10	10	10	9.5	9	10	10	10	10	10	10	9			
	19 Can you find the contour of the 2nd lumbar vertebral body?	10	10	9.5	9.5	9.5	10	10	10	10	10	10	10			
	20 Can you find out the intervertebral space between the first and the 2nd lumbar vertebral body?	10	9.5	9.5	9	9	10	10	10	10	9.5	8.5				
	21 Can you find out the pedicle?	10	10	9.5	8	6.5	10	10	10	10	8	7.5				
	22 Can you find out the transverse process?	10	10	10	9.5	8.5	10	10	10	10	9	8.5				
	23 Can you find out the superior articular process?	10	10	9	5.5	5	10	10	9	8.5	8					
	24 Can you find out the trabecular structure of the vertebral body?	3.5	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0				
	25 Can you find out the trabecular structure of the vertebral body, overlapped by the transverse process?	6	1.5	0	0	0	7.5	5.5	1	0	0	0				

Three answers of "yes", I-to-think I can find "out" and "No" are scored as 1.0, 0.5 and 0.

Table III Several Observable Signal-to-Noise Ratios About the Skull, the Femur and the 2nd Lumbar Vertebra Body

	Magnification and illumination of bone slide (1x)	Physical S/N, when using a random chart of uniform type.						80%obs. S/N dif betw.Mag. 0.55and. 0.73			
		x0.55 (50 1x)	x0.73 (30 1x)	50% obs. S/N	80% obs. S/N	$\sigma$	50% obs. S/N	80% obs. S/N	$\sigma$	$(x/3\sigma)$	Effect. S/N xobs. S/N
<b>Inquiries</b>											
1	The hypophyseal fossa.	2.2	2.8	0.8—	1.1	0	1.3	2.8	7.3	10.1	2.8
2	Measurement of depth and width of the hypophyseal fossa.	4.9	7.5	3.1	3.3	5.7	2.9	12.0	5.7	12.0	1.8
3	The posterior clinoid process.	2.3	5.2	3.5	0.1	2.9	3.4	10.3	2.9	10.3	2.3
4	The suture at the pterion.	-0.3	2.1	2.9—	2.5	0.4	2.5	5.0	9.6	15.0	2.5
5	The groove for the anterior division of the middle meningeal vessels.	-3.2	0.6	3.1—	4.4	2.6	2.1	1.9	4.7	9.2	2.0
6	The alveolarity of the mastoid air cells.	-1.5	1.0	2.9—	3.5	0.6	3.5	7.0	3.6	11.2	1.6
7	The sphenoïd sinus.	0.1	3.5	4.0—	2.4	0.6	3.6	8.4	0.6	8.4	2.9
8	The maxillary sinus.	-3.4	1.6	2.1—	5.8	3.8	2.5	1.7	0.2	5.7	2.2
9	The ramus of the mandible.	(2.0)	-	(0.2)	-	-	-	-	(5.8)	-	-
10	The diploetic structure of the occipital bones.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	The femur.	(5.9)	-	-	(3.7)	-	-	-	-	(10.5)	-
12	The lateral and the medial condyle.	1.6	5.3	4.4—	1.5	1.5	3.5	9.0	3.0	10.5	3.8
13	The border between the compact and the spongy bone in the middle of the shaft of the femur.	1.4	4.1	3.2	0.3	2.5	2.5	7.8	2.5	7.8	1.6
14	The border between the compact and the spongy above the condylar portion.	5.0	8.7	4.5	1.3	5.2	4.6	15.1	5.2	15.1	3.5
15	The trabecular structure in the middle of the femur.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	The trabecular structure above the condylar portion.	6.5	7.9	1.7	4.4	6.1	2.0	10.4	6.1	10.4	1.8
17	The trabecular structure at the condylar portion, hidden by the patella.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	The patella.	-1.9	0.2	2.1—	4.8	2.5	2.6	3.0	1.3	6.8	2.3
19	The contour of the 2nd lumbar vertebral body.	(1.9)	-	-	(-0.4)	-	-	-	(6.9)	-	-
20	The intervertebral space between the first and the 2nd lumbar vertebral body.	0.7	2.0	1.6—	3.3	0.6	3.1	6.0	3.1	9.7	2.6
21	The pedicle.	-5.7	3.0	3.1—	8.0	4.9	3.7	3.1	-	2.5	5.5
22	The transverse process.	-2.0	0.1	2.5—	3.9	2.3	1.9	1.8	2.6	6.7	1.9
23	The superior articular process.	2.2	4.7	3.0	0.3	2.6	3.4	9.9	2.6	9.9	2.1
24	The trabecular structure of the vertebral body, overlapped by the transverse process.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1)	4) 5)	Corrected for length.	"	"	periodicity.	"	"	"	"	"	"
6)	"	"	"	"	area in comparison with 7).	"	"	"	"	"	"
8)	9)	"	"	"	100% observable even at each S/N of the signals.	"	"	"	"	"	"
9)	11) 19)	"	"	"	Undetectable for much higher S/N of the signals.	"	"	"	"	"	"
10)	15) 17)	24) 25)	"	"	Corrected for area in comparison with 12).	"	"	"	"	"	"
11)	18)	"	"	"	bilaterality.	"	"	"	"	"	"
12)	"	"	"	"	area in comparison with 23).	"	"	"	"	"	"
19)	20) 21) 22)	"	"	"	More effective 80% observable S/N than physically calculated S/N.	"	"	"	"	"	"
Effect. 80%obs. S/N: More effective 80% observable S/N than physically calculated S/N.										In the last column are listed the 80% observable S/N differences between magnification ratio of 0.55 and 0.73.	

### 3-2) S/N の算出計算の補足

計算された S/N (Physical S/N とした) は観察対象を linear に scan した黒化度から出しているが、観察するときは或る範囲を見ているので、両者の対応を何うするかは観察対象によつても異なるだらうし、観察者自身の個人差もあるが、眞の対応は視覚生理上極めてむずかしい。本実験はその対応のある範囲を示すと考えて良い。一様分布型雑音チャートでは S/N が負値を示していても observable という事になつてゐるのは、上述の事から考えて当然だ。取敢えず観察対象の本実験に使用した写真上の長さ、面積、偽周期構造などについて解剖学的、又は画像上類似のもの相互間で補正した。これだけの補正で負値を示すものは殆んどなくなる。これは physicalな S/N に対して more effective という意味で Effective S/N として Table III に示してある。相対的な関係については之で十分であろう。また吾人の網膜より脳への情報量の伝達を 25 bits/sec とすれば<sup>10)</sup>、3 sec 間見ているとすると 75 bits 脳へ伝えられることになる。前述の如く第 5 間の中硬脳膜動脈の圧痕については  $3.6 \times 30$  bits/30cm であり、3 ~ 4 sec 間 scan した bit 数と補正した bit 較が近くなる。情報がある領域に分布していれば長い時間見えてると、脳へ達する情報が増加し見易くなる故、時間の補正もすれば更に effective な S/N が得られよう。観察時間と S/N については次回に報告する<sup>6)</sup>。

### 3-3) S/N-observability 曲線の性状 (Fig.16)

25 項目の質問に対して「見出しうる」「見出しうると思う」「見出しえない」の 3 種の返答は限定し、返答に 30 秒以上かかるものは出来ないものと考えた。雑音エネルギーをかえ、更に X 線像の大きさをもかえ 25 項目につき会計 200 回質問した。全所要時間は 30 ~ 45 分位である。

註 2 この一項目に対する測定所要時間は次の様に考えられる 200 回、30 分とする、1 回 9 秒であつて、被験者が観察して確定するに要する時間が 3 秒とする、別のパターン測定の実験データーに近い時間である。

次に上の 3 種の返答に対して夫々 1, 0.5, 0 として “yes” の数を Table II の様に算定し、観察者 10 人中の “yes” の数の % を縦軸にとり、横軸に S/N 計算式に基いた S/N をとり、S/N-observability 曲線を書き、之を正規確率紙にプロットすると、Fig.16 の通りで次式をうる。<sup>8)</sup>

$$\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi} \sigma} \int_0^x \exp \left\{ - \left( \frac{x-x_0}{\sigma} \right)^2 \right\} dx$$

ただし、 $\Phi(x)$ : 分布函数

$x$ : S/N デシベル

$x_0$ :  $x$  の平均値

$\sigma$ : 標準偏差

Fig.16 にて、50% observable S/N は 1.5dB、80% observable S/N は 1.5dB、標準偏差  $\sigma$  は 3.5 dB を得る。-4 dB ~ +4 dB の範囲で S/N-observability 曲線は正規分布をなしていると考えてよい。質問順位 9) 10) 11) 15) 17) 19) (Table II) 以外の各観察項目については凡て正規分布に近い分布をしており、夫々について 50% observable S/N, 80% observable S/N, “ $\sigma$ ” 99% observable S/N (50% observable S/N + 3  $\sigma$ ) を求めて Table III に示した。(以下本文にては 50% obs., 80% obs., 99% obs. と略す)。

### 3-4) 各部位の測定結果及び考察

次に各観察項目について計算根拠、結果、問題点などについて述べる。

撮影方向について頭蓋骨の前後撮影には入射方向にいろいろ問題あるので左右方向とした。腰椎は標本の固定具の関係では第二斜位にせざるを得なかつた。

以下何れも像の倍率 0.73、明るさ 30lx の場合があり、○印内の数字は Table II の質問順位を示す。

#### 3-4-1) 頭蓋骨について

##### ①②③下垂体窩について (Fig. 5)

第 1 間脳下垂体窩を見出し得るかについてはトルコ鞍前壁、後壁の黒化度が夫々 1.73 及び 1.20 であり、下垂体窩の周囲については大凡の濃度分布割合が約 3 : 1 位の割合と考え、透過率を加重平均した。②については相加平均した。②の下垂体

窩の計測は全質問中骨梁構造以外で最高の S/N を要する。即ち 50% obs. で 3.3dB, 80% obs. で 5.7 dB であり S/N が高くなれば観察し難いことを示す。但し骨梁構造はもつと高い S/N を要するが本実験の条件内では測定できなかつた。

尚下垂体窩の円周 3 cm として補正した。

④骨縫合, ⑤中硬脳膜動脈の圧痕 (Fig. 4) についてては Pterion (蝶形骨大翼後上頂部) に限定して質問した。80% obs. 値でそれぞぞれ 0.4dB, - 2.6dB の負値をとる。⑧上頸洞と共に頭蓋骨では S/N が低くても観察し得るグループである。雑音チャートの白黒は約 3 個/1 mm であり、Pterion の範囲における観察長を 3 cm 位とすれば、30 倍になるから S/N の計算式 2-3-C) により  $10 \log 30^{1/2}$  即ち 7.3dB だけ physical S/N より高い S/N を Effective S/N とした。又骨縫合はジグザグ嗜合つているからその 4 倍と考へて 10dB の補正をした。従つて補正した S/N はそれぞぞれ 9.6dB, 4.7dB となり、S/N が負値でも observable なのは signal のある長さの領域で補なわれてをり、實際は相当 S/N が高くないと見難い事を示している。

#### ⑥ 乳突起蜂巣について (Fig. 7)

80% obs. は - 0.6dB であり、低い方である。黒化度分布は図の様に偽周期性構造をしているので、7 個の平均をとつた。併し 7コ見ているとすれば 2-3-C) の補正により  $10 \log 7^{1/2}$  を加えるべきである。そうすれば Effective S/N は 3.6 dB となり、③⑤と大差ないことになる。

#### ⑦ 蝶形骨洞及び⑧上頸洞について (Fig. 8)

⑧の 80% obs. は - 3.8dB と低く、全質問中 ②% 弓根に次いで最低である。しかし ⑦⑧の面積比約 1 : 6.2 で補正すれば ⑧は 0.2dB となる即ち ⑦⑧の Observability は略、同一と考えても良い。しかし ⑧の方は S/N obs. 曲線のバラツキ大、かつ 50% obs. は外搜査である。σ は ③⑥⑦と約 3.5dB 位で比較的大である。

⑨⑩は本実験では 50% obs., 80% obs., σ など求められなかつた。⑨は雑音最大でも 100% observable であり、⑩は massive な後頭骨中に埋つて

いて脳実質のないとき写真的に不適当なため雑音なしでは 50% しか observable でない。

#### 3-4-2) 大腿骨について

##### ⑫大腿骨内外両側頸について (Fig. 9)

之には下腿骨との間に固定具があるので、解剖学的な両側頸をそのまま観察させるのは不適当なので、図の範囲内で両側の突出部に限定した。S/N-observability 曲線はバラツキが多い。両側にあるのでそれを考えると 80% obs. は 3.0dB となる。両側頸の様な周辺と境界鮮明でない観察対象のとき Physical S/N と Effective S/N との相関はむづかしい。

⑬⑭骨皮質と髓質との境界については (Fig. 10) 骨端近くと中央では前者は倍の S/N を要する。又後者はバラツキ大で、σ が 25 項目中最大の 4.6dB なのは、中央から骨端にかけて境界が徐々に不鮮明となり頸上部で消失しているため、上下が現野内に入るため注視点と S/N 測定点と必ずしも一致しないためと思われる。

⑯膝蓋骨 (Fig. 12) の 80% obs. は - 2.5dB であるのは面積が大きいからと考えて、⑫両側頸との面積比 7.5 : 1 で補正すれば 1.3dB となり、⑫と 80% obs. では大差ないと考えられるから ⑫の S/N の測定は上述の様な不明確な点があるが、比較的正しいと思はれる。80% obs. は ⑫椎弓根、⑧上頸洞について低い値である。

##### ⑮⑯⑰大腿骨の中央、頸上部及び膝蓋骨と重複する部分の骨梁構造について (Fig. 16)

⑯のみ測定可能で 80% obs. は 6.1dB で 25 項中最高の S/N を要する。⑫⑯の骨梁構造も 50% obs., 80% obs. が高すぎて測定できない。即ち骨梁については ⑯のみ測定したが、非常に高い S/N を要する。⑯は雑音ないときでも 70% observable 故、本実験で最小の雑音でマスクしても (- 5.3 dB) で 10% しか見えない。⑰については雑音なしでは 95% observable であるが、最小雑音で 20% observable である。

#### 3-4-3) 第二腰椎について

##### ⑯椎体について

上縁、下縁、側縁の 3 について平均をとつたが、

Fig. 5~15. The S/N observability curve with density curve of the bone concerned and its radiograph.  
 Y-axis: Distribution of affirmative answer (%).  
 X-axis: Noise-to-signal ratio.

Fig. 5 (2) Can You Measure Depth and Width of the Hypophyseal Fossa?

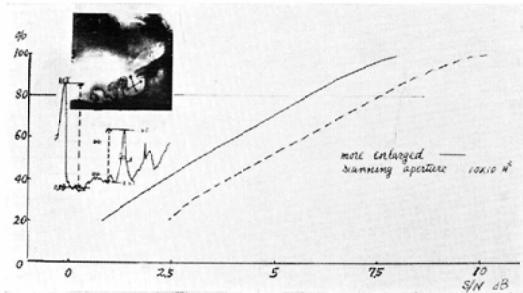


Fig. 8 (7) Can you Find out the Sphenoid Sinus?

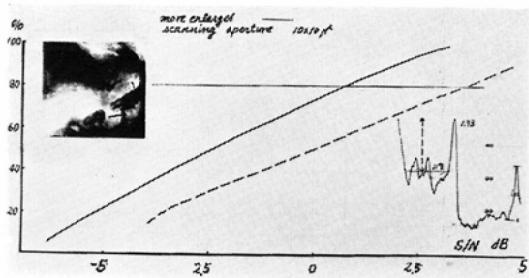


Fig. 6 (6) Can you Find out the Groove for the Anterior Division of the Meningeal Vessels?

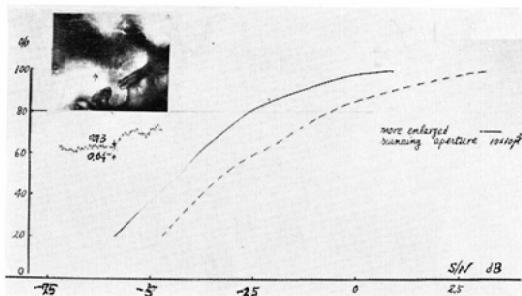


Fig. 9 (12) Can you Find out the Lateral and the Medial Condyle?

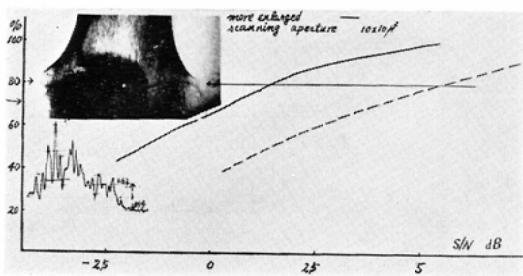


Fig. 7 (6) Can you Find out the Alveolarity of the Mastoid Air Cells?

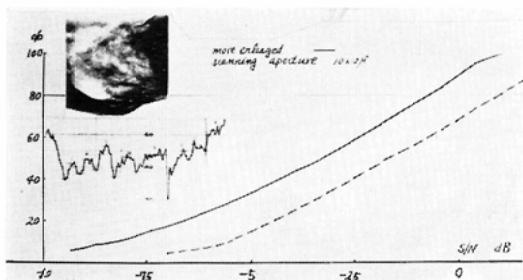


Fig. 10 (I3) Can you Find out the Border between the Compact and the Spongy bone in the middle of the shaft of the Femur?

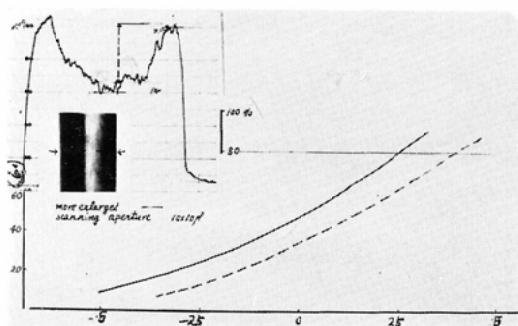


Fig. 11. (16) Can You Find out the Trabecular Structure Above the Condylar Portion ?

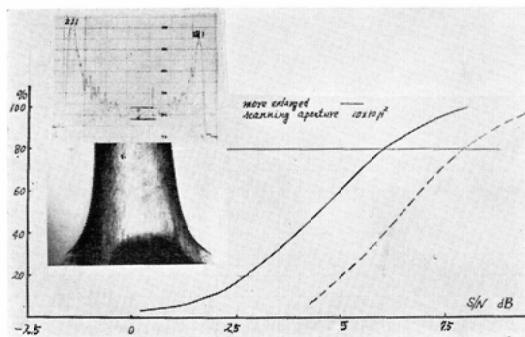


Fig. 12 (18) Can You Find the Patella ?

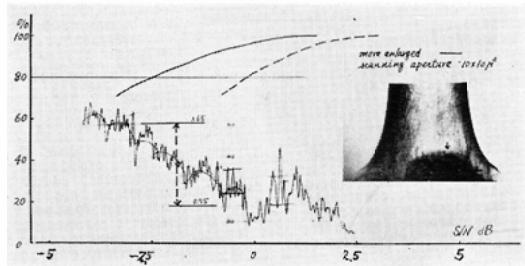


Fig. 13 (21) Can You Find out the Pedicle ?

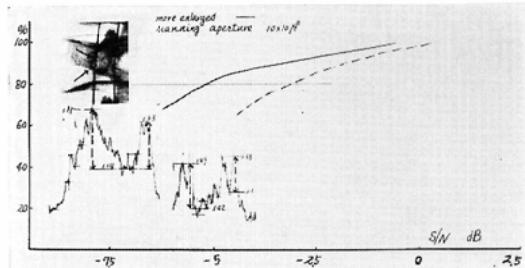


Fig. 14 (22) Can You Find out the Transverse Process ?

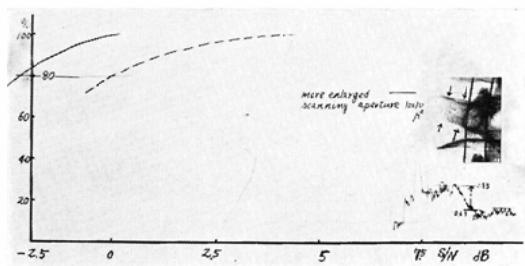


Fig. 15 (23) Can You Find out the Superior Articular Process ?

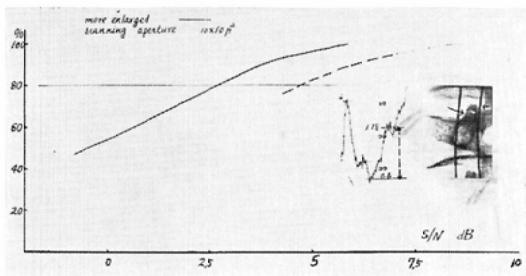
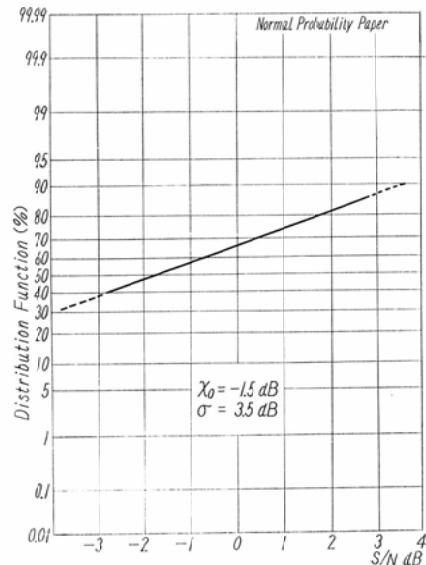


Fig. 16 The Statistical Distribution of Maximum to Minimum Signal-to-Noise Ratio for the 12th Inquiry, When Using Random Chart of Uniform Type



雜音最大のとき、即ち  $S/N$  0.4dB でも 100% observable であった。

#### ②椎間について（第1, 第2椎体間）

80% obs. は  $-0.6$ dB であり、 $S/N$ -obs. 曲線のバラツキ大で、前後縁が重なつてある所といない所とあるので雑音でマスクされたとき、後者の方が早く見難くなるので注視点が一定しない心配がある。

#### ③椎弓根について (Fig. 13)

80% obs. は  $-4.9$ dB と最低であり、かつ ④と面積比で補正しても  $-2.5$ dB と全項目中唯一

の負値を示す。全問題中面積比、長さ、偽周期性構造などの補正をしても負値なのは②のみである。補正是上記の夫々1つのみについて行なつたが、②は何か他の補正が必要なのかもしれない。四角の椎体影の中に橢円形の特異の形をしているという著しい対比のためかもしれない。

#### ⑬上関節突起について (Fig.15)

80%obs. は 2.6dB で腰椎についての項目中最も見難く S/N-observability 曲線のバラツキも大である。⑩⑪⑫⑯と比べて面積が最小なので⑬の面積を 1 として夫々、28, 5.4, 3, 9.3 の割合で 4 項目について補正をした。

#### ⑭⑮椎体の骨梁構造について

夫々雑音をマスクしなくても 35%, 60% しか観察できず、かつ最小雑音をマスクしたとき、それぞれ 0%, 15% observable となるので S/N に関する諸値は求められない。大腿骨の骨梁構造同様別の方法によるべきである。

椎体に関する観察対象については雑音エネルギーの範囲が小さすぎるため、50%obs. は外検したものが多い。

#### 3-4-4) 臨床的観察経験との対比

80%obs. で S/N が低く、負値でも observable は 8 項目中、⑧上顎洞、⑯膝蓋骨、⑭横突起、⑮椎弓根、⑯椎間などは比較的大きく、その存在自体は臨床的にも認識しやすい。かつ面積比などで補正しても相対的に S/N は低い。まして⑨⑪⑯については低すぎて計り得ぬ位であり、極めて観察しやすい。併し⑦は補正後も負値なので何らか別の補正が必要だろう。

之と同様に Physical S/N が低く、負値で observable なものの中、④骨縫合、⑤中硬脳膜動脈の圧痕、⑥乳突起蜂巣は、その観察範囲内で上述のものと逆に臨床的に観察し難い。④⑤は長さの補正をすると S/N が高くなるので上述と異なる。故に Effective S/N の高低は臨床的観察の難易と対応していると言え得る。

次に physical S/N の高いもので、Effective S/N を求め得たものも含めて S/N で順序付けたとき相対的に S/N の高いものと、低いものとあ

り臨床的観察の難易と対応させ得る。

⑯骨梁構造及び⑮⑯⑭⑯の骨梁構造、②のトルコ鞍の計測は Physical S/N は高く、Effective S/N を出したものを含めて S/N を順序付けたとき S/N が相対的に高く、臨床的に観察し難い。併し⑭骨皮質と髓質との境はそれほど観察し難くない。

次に Physical S/N が相対的に高いが、Effective S/N を求めえたものも含めて S/N の順序付けをすると S/N が相対的に低くなるものの中、③トルコ鞍後壁突起、⑭上関節突起は比較的観察し易いが、⑭骨皮質と髓質との境は逆に観察し難い。

S/N の高低が臨床的観察の難易と対応している以上のことからいえる。対応していないのは、①S/N が高くて臨床的にそんなに観察し難くない⑭と①であり、④ S/N が低いのにそんなに観察し易くない⑦蝶形骨洞と⑬である。ここで①の補正は不要と考え、3-4-2) に述べた点で⑭を一応省略するすれば、⑦⑬のみ何らかの補正には S/N が高くなるとすれば S/N の高低を臨床的観察の難易と凡て対応させうる。

#### §4 総 括

一部の骨 X 線像と統計的一様分布に基いて作製された Random Noise Chart をスクリーン上に、重複投影して S/N を測定し、S/N-observability 曲線の性状について調べた。臨床的骨 X 線写真は軟部組織の厚薄によりいろいろ影響を受けるので本実験では理想的 X 線写真について行なつた。雑音チャートの Spatial frequency の分布が更に小ならば、普通写真において軟部陰影が骨自体、例へば骨梁構造に及ぼす影響などを定量できよう。

S/N-observability 曲線は正規分布に近く、50% obs., 80% obs., 99% obs., σなどを求めて夫々の項目につき比較した。

#### 4-1) 臨床的観察経験との対比

4-1-a) Physical S/N が低く、Effective S/N が高いもの、これには Pterion 部の④骨縫合、⑤中硬脳膜動脈の圧痕、⑥乳突蜂巣の蜂巣性であり、補正された 80% obs. は相対的に高くなつて、臨床的に比較的見難いと思えるものである。

4-1-b) physical S/N が低く, Effective S/N が相対的に低いものは⑧上頸洞, ⑯膝蓋骨, ①椎弓根, ②横突起, ⑩椎間であり, a)と逆に見易いと思えるものであり, ⑨下頸枝, ⑪大腿骨体, ⑯腰椎体などは低すぎて求められない。

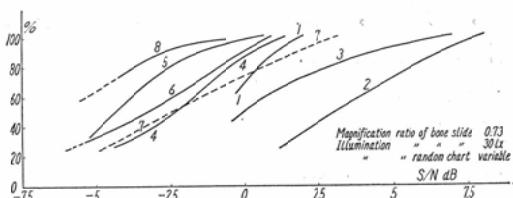
4-1-c) Physical S/N が高く, S/Nを補正し得たものも含めて S/N を順序付けたとき, 相対的に S/N の高いグループに属するものの中, ⑯骨梁構造, ②下垂体窓の計測は a) と同様に見難い。又⑮⑯⑰⑲の骨梁構造は S/N が高すぎて測定できない。併しこのグループの中⑭骨皮質と骨髓質との境はそれほど観察し難くない。

4-1-d) physical S/N が比較的高く, S/N を補正し得たものを含めた中で S/N を順序付けたとき, 相対的に S/N の低いものの中, ③トルコ鞍後壁突起, ⑬上関節突起などは比較的観察し易いと思われるが, ⑯骨皮質と骨髓質との境はそれほど見易くない。

Effective S/N を求め得たものも含めて S/N の高低と臨床的, 観察の難易と対応しないものは次の通りである。S/N が高いが, それほど観察し難くないものは, ①⑭であり, S/N がそれほど高くなかったり, 比較的見易くないものは, ⑦⑯である。⑦⑯に何らかの補正を行なうならば凡て S/N の高低と臨床的観察の難易と対応させる事ができる。

4-2) 頭蓋骨について (1~6 は骨スライドの倍率0.73, 明るさ30lx である。Fig. 17, Table II)

Fig. 17 The S/N-Observability Curve About the Skull, When Using a Random Chart of Uniform Type



1. 測定対象全部について S/N observability 曲線のバラツキの巾は80% obs. の所で約11.5dB

である。⑧上頸洞について S/N-obs. 曲線のバラツキは大である。

2. S/N-obs. 曲線上80% obs. の点で S/N の低い方からの順序は ⑧上頸洞, ⑤中硬脳膜動脈の圧痕, ⑥乳突蜂巣, ⑦蝶形骨洞, (④骨縫合と交叉), ①下垂体窓, (⑦と交叉), ③トルコ鞍後壁突起, ②下垂体窓の計測である。

3.  $\sigma$  は 1.3~3.6dB の範囲で ③⑥⑦ が約 3.5 dB で  $\sigma$  の大なる方である。

4. 50% obs. は -5.8~3.3dB で ②③ が夫々 3.3dB, 0.1dB なる以外凡て負値である, ⑤(-4.4dB), ⑥(-3.5dB) ⑦(-2.4dB), ⑧(-5.8dB) が負値であり, かつ ①⑥⑧ は外搜せねばならなかつた。

5. 80% obs. は -4.9~6.0dB の範囲で, ②が最高の 5.7dB であり, ④⑤⑥⑧ が負値である。長さ (④⑤①), 面積 (⑧), 偽周期性 (⑥) で補正すれば何れも正值となる。即ち ①②④ はそれぞれ 7.3, 5.7, 9.6dB となり, 低い方は ⑦⑧の 0.6, 0.2dB である。

6. 99% obs. 即ち  $x_0 + 3\sigma$  をとれば, 補正前の値で 1.7~15.1dB で ⑤中硬脳膜動脈圧痕, ⑧上頸洞が最低で, 夫々 1.9, 1.7dB であり, 最高は ②下垂体窓の計測が 12dB ③トルコ鞍後壁突起が 10.3dB である。

7. 次は骨スライドの倍率と明るさを夫々に 0.55, 50lx としたとき, ①④⑨⑯以外凡て見易くなっている。又このとき Table I の S/N 差 2.2 dB と比べると, 土 1 dB 以上の差を生ずるものはない。

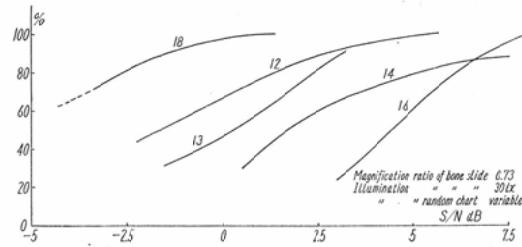
8. ⑨下頸枝は雑音最大のとき, 即ち S/N で 0.2dB でも 100% observable である。⑩後頭骨骨板は 50% しか observable でない。

4-3) 大腿骨について (Fig. 18, Table II) (1~6 は骨スライドの倍率0.73, 明るさ30lx である。)

1. 測定対象全部について S/N-obs. 曲線のバラツキの巾は80% obs. の所で約 8.5dB である。

2. S/N-obs. 曲線の80% obs. の点で低い方から

Fig. 18 The S/N-Observability Curve About the Femur, When Using a Random Chart of Uniform Type



⑯膝蓋骨⑰両側顎, ⑬体中央の骨皮質と髓質との境界, ⑭顎上部の骨皮質と髓質の境界, ⑮顎上部の内部構造の順である。

3.  $\sigma$  は 2.0~4.6dB であり, ⑭両側顎上部の骨皮質と髓質の境界についてのものが 4.6dB で最大である。範囲不明確のためかもしれない。

4. 50%obs. で負値を示すのは, ⑫⑯であり, それぞれ -1.5dB, -4.8dB であり後者は外搜した。

5. 80%obs. の負値は⑯膝蓋骨の -2.5dB のみである。⑫両側顎を比べて補正すれば勿論正值となる。⑯は S/N が低くても observable だが, ⑮は S/N が高くないと分らない。

6. 99%obs. 即ち  $x_0 + 3\sigma$  をとると, 3.2~15.1 dB の範囲で, 補正前の値で⑯が最低で 3.2dB, ⑭が 25 間中最高の 15.1dB である。

7. 次に骨スライドの倍率と明るさを 0.55, 50 lx としたとき, ⑭が見にくくなつてをり, Table I の S/N 差 2.2dB より大なるものは ⑫⑯であり夫々 3.8dB, 3.5dB である。

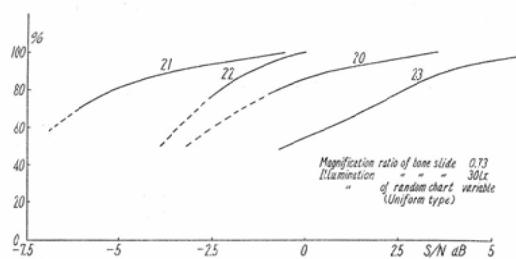
8. ⑪大腿骨の存在は雑音最大的とき即ち S/N 7.3dB でも 100% observable である。又 ⑮⑯の骨梁構造は雑音ないときで 100% observable でなく, 雑音最小で 15%, 20% observable なので 80% obs. は出せない。

#### 4—4) 腰椎について (Fig.19, Table III)

(1~4 は骨スライドの倍率 0.73, 明るさ 30lx の場合である)

1. 各質問についての S/N-obs. 曲線のバラツキの巾は 80%obs. の所で約 8 dB である。個々の

Fig. 19 The S/N-Observability Curve About the 2nd Lumbar Vertebra Body, When Using a Random Chart of Uniform Type



曲線では ⑪椎弓根⑫上関節突起がバラツキが多い。

2. S/N-observability 曲線で 80%obs. の点で S/N の低い方から, ⑪, ⑫横突起, ⑪椎間, の順である。

3.  $\sigma$  は 1.9~3.7dB であり, ⑫が 1.9dB と低く, ⑪が 3.7dB と高い。

4. 80% obs. は -4.9~2.6dB である。⑫の面積を 1 としてそれとの面積比で補正すると ⑪ 2.6dB ⑫ 3.1dB となり, ⑫のみ, 補正しても -2.5dB と負値で最低である。

5. 99%obs. は 1.8~9.9dB で, ⑫が 1.8dB で最低 ⑪が 9.9dB と最高である。

6. 骨スライドの明るさと倍率を 50lx, 0.73 としたとき, 80%obs. について Table I の S/N 差 2.2dB より ±1 dB 以上差を生ずるものはない。

7. ⑪⑫の骨梁構造は S/N が高すぎて測定できない。

#### § 5. 結論 (Table IV)

(1) 骨 X 線像を統計的一様分布に基いて作製された Random Noise Chart を重複投影し, S/N を測定し, S/N-Observability 曲線の性状を調べた。

(2) 補正された S/N の高いものは臨床的に観察し難く, S/N の低いものは観察し易いと一般的に言える。即ち ① Physical S/N が低くても補正された S/N の相対的に高いものは、見難く, ④骨縫合, ⑤中硬脳膜動脈の圧痕, ⑥乳突蜂巢), ⑦補正された S/N が相対的に低いものは見易い (⑧上頸洞, ⑨膝蓋骨, ⑩椎弓根, ⑪横突起

Table IV Results About the Skull, the Femur and the Second Lumbar Vertebral Body, When Using a Random Noise Chart of "Uniform" Type.

	The skull	The femur	The lumbar vertebral body
1. Range of 80% obs. S/N of all inquiries	11.5 dB		
	11 dB	8.5 dB	8 dB
2. " $\sigma$ "	2.0—4.6 dB 1.3—1.9 " 1, 22. 2.0—3.0 " 16, 5, 13, 4, 8, 18, 2. 3.1—4.0 " 20, 3, 23, 6, 12, 7, 21. 4.6 " 14.		
	1.3—3.6 dB	2.0—4.6 dB	1.9—3.7 dB
3. 50% obs. S/N Negative value Magnificat. ratio 0.73 " " 0.53	- 8.0—3.0 dB 21(Min.) 8, 18, 5, 22, 6, 20. - 3.0—0.5 " 1, 3, 4, 12, 13, 23, 7. 1.3—4.4 " 14, 2, 16(Max.) 11/17		
4. 80% obs. S/N Magnificat. ratio 0.73 " " 0.55 Corrected 80% obs. S/N	- 4.9—1.0 dB 21(Min.) 8, 18, 22, 5. - 1.0—5.0 " 1, 3, 4, 6, 7, 12, 13, 20, 23. 5.0—6.0 " 2, 14, 16(Max.) - 3.8—5.7 dB - 1.6—7.5 "	- 4.8—4.4 dB 1.9—6.5 "	- 8.0—0.3 dB - 5.6—2.2 "
5. 99% obs. S/N	- 2.5—2.0 dB 21(Max.) 8, 7, 18. 2.0—6.0 " 2, 3, 5, 6, 14, 20, 22, 23, 13, 12. 6.0—9.6 " 16, 1, 4. (Min.) 1.7—2.0 dB 8(Min.) 5, 22. 3.0—10.0 " Others 10.0—15.1 " 2, 3, 16, 14(Max.).		- 4.9—2.6 dB - 3.0—4.7 "
6. 80% obs. S/N difference between mag. ratio 0.55 and 0.73	1.7—12.0 dB 2.2+1.0 dB < 12, 14. 2.2—1.0 " > 0	3.0—15.1 dB 1.6—3.8 dB	1.8—9.9 dB 1.9—2.6 dB
7. Uncalculated		9, 10, 11, 15, 17, 24, 25.	

Integrals are implied No. of inquiries.

など).⑥併し補正し得たものも含めた中で相対的に S/N の高いものは見難い (⑯⑮⑰⑭⑮, ②下垂体窓の計測) ⑦相対的 S/N の低いものは見易い (③トルコ鞍後壁突起, ⑩上関節突起) ⑧ S/N の高低と観察の難易と対応しない⑨⑩ (相対的に S/N が低いのに割合に見難い) は何らかの補正が必要と思われる。

(3) S/N obs. 曲線は正規分布に近い. ⑧, ⑫大腿骨両頸, ⑪, ⑬はバラツキ大である。

(4) その曲線の  $\sigma$  の範囲は 1.3~4.6dB で  $\sigma$  の小なるものは①下垂体窓 (1.3dB), ⑩(1.9dB,  $\sigma$  大なるものは⑫大腿骨頸上部の骨皮質と髓質との境 (4.6dB) である。

(5) 50%obs. は17項目中負値11コ, 高いもの

は②下垂体窓の計測 (3.3dB), ⑯大腿骨頸上部の骨梁構造 (4.4dB), ⑪ 1.3dB であり, 低いものは⑧—5.8dB, ⑪—8 dB である。

(6) 80%obs. は-4.9~6.0dB の範囲で, 負値は8項目で, -1 dB 以下は⑪-4.9dB, ⑧-3.3dB, ⑧-4.8dB, ⑪-2.3dB, ⑤-2.6 dB であり, 5 dB 以上は② 5.7dB, ⑭ 5.2dB, ⑯ 6.1dB である. Signal の存在する範囲の長さ, 面積, 偽周期性構造などで補正すれば, ⑪以外凡て正値となり, 6 dB以上は⑯ 6.1dB, ① 7.3 dB, ④ 9.6dB となる. Physical S/N が負値のはるべく補正で正値となり負値に近づく。

(7) 観察全項目の80%obs. の Max. と Min. の差は11.5dB である。

(8) 99%obs. は 1.7~15.1 dB で dB以下は ②も 1.8dB, ⑧ 1.7dB, ⑤ 1.9dB であり, 10dB 以上は ②12dB, ③トルコ鞍後壁突起 (10.3dB), ⑭ 15.1dB, ⑯10.4dB であり, (7) の様な補正をすれば, 凡て 5 dB 以上となる.

(9) S/N が低すぎて測定できぬものは⑨下頸枝, ⑪大腿骨体, ⑯腰椎体であり, S/N が高すぎて測定できぬものは⑮, ⑯, ㉔, ㉕などの骨梁構造である.

(10) 骨スライドの倍率 0.55, 明るさ 50lx とかえたとき, Table I より Physical S/N の計算上 2.2dB 高くなるが, 80% obs. ではその差は 1.6 ~ 3.8 と広くなり, 標準差より 1 dB 以上大なるのは⑫⑯であり, 1 dB 以上小さくなるものはない.

(11) 対象の大きさにより 80% obs. は大差はないが, ④, ⑤, ⑯などの細かい構造のものが S/N が高くなっている.

本論文の一部は第 172 回日本医学放射線学会関東部会に発表した。(昭和40年10月23日) 御校閲下つた宮川正教授に感謝すると共に本研究を実施するに当り御便宜を計つて下さった牧田康雄 NHK 基礎研究所所長, 東京大学中央放射線部田坂皓助教授に感謝します。更に測定実験に度々御協力戴いた東京大学医学部放射線医学教

室の諸氏に厚く御礼申上げます。

## 文 献

- 1) 菊地緑彦: ラニダムチャート, NHK 技研月報 8巻; 689頁, 昭和40年.
- 2) 北川敏男, 増山元三郎: 統計数値表, 河出書房, 1952.
- 3) 統計学辞典: 863 頁, 東洋経済新報社, 昭和39年.
- 4) 竹中栄一, 高橋照彦, 木下幸次郎, 佐藤英久, 菊地緑彦: X 線像の雑音第12回応用物理連合会発表, 昭和40年4月.
- 5) 宮川正, 田坂皓, 竹中栄一: 所謂レスポンス関数による XTV 画質の解析, X 線機能診断班会議資料, 昭37-2-2, 昭和37年.
- 6) 木下幸次郎, 佐藤英久, 渡辺觀, 菊地緑彦, 竹中栄一: 画像の雑音による遮蔽効果, 第13回応用物理連合会発表; 昭和41年4月.
- 7) Kojiro Kinoshita: Some Properties of Random Charts. Jap. Journal of Applied Physics. Vol. 4. suppl. 1: 215, 1965.
- 8) Kojiro Kinoshita: Image Transmission Carrier and Image Spectrum in Generalized Photographic System. NHK Technical Monograph. No. 3: 1, July, 1964.
- 9) Enoch, J.M.: Effect of the Size of a Complex Display upon Visual Search. J. Opt. Soc. Am. Vol. 49: 208, 1959.
- 10) Fry, G.A.: (Coarseness of photographic grain) J.O.S.A 53: 361, 1963.
- 11) Thomas, E.L. and Lansdown, E.L.: Visual Search Patterns of Radiologists in Training. Radiology. Vol. 81: 288, 1963.