



Title	X線像の雑音 (III) 正規分布型雑音チャートによる骨 X線像のS/Nと一様分布雑音チャートとの比較
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. 1967, 26(10), p. 1319- 1335
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19961
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(III)

正規分布型雑音チャートによる骨X線像の S/Nと一様分布雑音チャートとの比較

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

NHK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 (現芝電KK特機部長)

" 中 島 緑 彦 (旧姓菊地)

(昭和40年5月19日受付)

"NOISE" In Radiographic Images

III Signal-to-Noise Ratio of Bone Radiographic Images, Using a Random Noise Chart of "Normal" Type and Comparison of them with those of "Uniform" Type.

by

Eichi Takenaka, M.D.

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

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

Kojiro Kinoshita, Sci. D., Hidehisa Sato and Rokuhiko Kikuchi

Broadcasting Science Research Laboratories, Japan Broadcasting

Corporation, Tokyo, Japan.

Using a random noise chart of "normal" type, just as in "uniform" type in a previous report, are obtained the signal-to-noise ratios (so-called S/N) and comparison of them with those of "uniform" type. Results are as follows:

- 1) The S/N observability curve has a normal distribution,
- 2) Range of 80% obs. S/N is 15 dB, but its S/N are narrowly scattered within 2 dB in the lumbar vertebral body.
- 3) Widely upset orders, in 80% obs. S/N between "normal" and "uniform" are found in (6), (12) and (21).
- 4) Range of " σ " (root mean square value) is 2.0~5.4 dB as like as in "uniform"; 2.0~2.3 dB in the lumbar vertebral body.
- 5) Range of 50% obs. S/N is -2.3~12.4 dB; max. in (6) and min. in (12). Negative values are numbered 3 out of 12 inquiries, but 11 out of 17 in "uniform".
- 6) Range of 80% obs. S/N is 0.5~15.5 dB, but -8.0~4.4 dB in "uniform"; 0.5~5.0 dB in (6),

(8), (18) and (12); 5.0~10.0 dB in others; 10.0~15.5 dB in (2) and (16). If corrected for area, length, periodicity and bilaterality, it lies in the range of 4.7~18 dB, but -2.5~9.6 dB in "uniform".

7) Regards as 80% obs. S/N difference between "normal" and "uniform", there are (1), (4), (5), (16), (20), (21) and (22) over one dB more than 7.0 dB, which is max. difference in standard 80% obs. S/N in experimental condition; (6), (12) and (14) over one dB less than 5.0 dB, which is min. difference.

8) Range of 99% obs. S/N is 7.6~23.2 db; max. in (16) and min. in (6); 1.7~15.1 dB in "uniform".

9) Regards as 80% obs. S/N difference between magnification ratio of 0.73 and 0.55, there are (3) and (18) over one dB more than 2.5 dB, which is the calculated S/N difference in experimental condition; (20) over one dB less than 2.5 dB.

10) The inquiries of (15), (24) and (25) are undeducible for much worse S/N of the signals; on the contrary (9) and (11) are so for much better S/N.

11) The higher or lower not physical S/N, but effective S/N, even if corrected for area, length and periodicity, can we generally conclude, the less or more observable becomes object in "normal" as well as in "uniform" in clinical radiographic observation.

a) Group with low physical S/N and high effective S/N is less observable as in "uniform": (4) and (5).

b) Group with low physical S/N and lower effective S/N is much more observable as in "uniform": (8), (9), (11), (12) and (18): (19), (2), (21), and (22), with a few higher effective S/N; on the contrary, less observable in (6) and (7).

c) Group with higher physical S/N and higher effective S/N is most unobservable as in "uniform": (2), (15), (16), (17), (24) and (25); on the contrary more observable in (1).

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

Where integrals in parentheses are implied numbers of inquiries, listed on Table II.

§ 1. 序 言

前報においては骨X線像と統計的一様分布に基づく Random noise chart を重複投影し、被験者10人について S/N observability 曲線を求め、之から50% observable S/N, 80% observable S/N, 99% observable S/N, σ などを求め、X線像の性質を調べた。今回は更に統計的正規分布に基づいて試作された Random noise chart による実験結果について報告し、あわせて一様分布型チャートの結果と比較検討した。

(以下一様分布型雑音チャート及び正規分布型雑音チャートは夫々“一様”, “正規”と略す)。

§ 2. 正規分布型雑音チャートについて

2-1) その特長¹⁷⁾

今回は所謂正規分布に基づく雑音チャートを

使用した。変数 x の存在確率を $f(x) dx$ とすると

$$f(x) = \frac{\exp \left\{ -\frac{(x-\mu)^2}{\sqrt{2\pi} \sigma^2} \right\}}{\sqrt{2\pi} \sigma}$$

μ = mean value

σ = root mean square value

となり、変域が $-\infty < x < \infty$ なのでこれを常に変域が有限である写真系に対応させるために、北川の乱数表²⁾における全数を正に書直し、更に0~1内に規格化した数列を作り、之を16等分し、2進法4桁で表示させた。そうして0~15迄に対応させて表示された4桁2進法表示数について、各桁に零の数があれば反射率5%の色紙を、1桁目、2桁目、3桁目、4桁目が夫々1ならば、夫々10%、20%、40%、80%反射率の色紙を、各数字について4枚ずつあるからその4枚を4角に凡

Fig. 1. The Observed Views of the Lumbar vertebral Body And the Femur, Masked by Two-dimensional Random Chart.

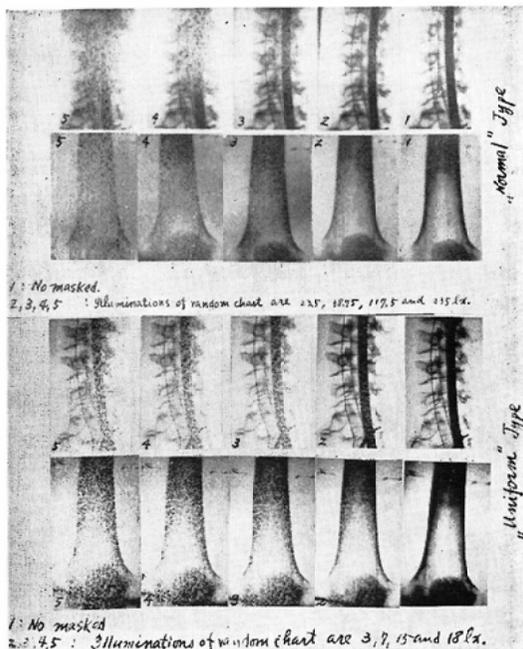


Fig. 2a A Random Noise Chart of Normal Type.

a) Normal distribution

$$f(x) = \frac{\exp\left\{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\}}{\sqrt{2\pi}\sigma}, \quad -\infty < x < +\infty$$

μ = mean value

σ = root mean square value

b) A random noise chart of normal type

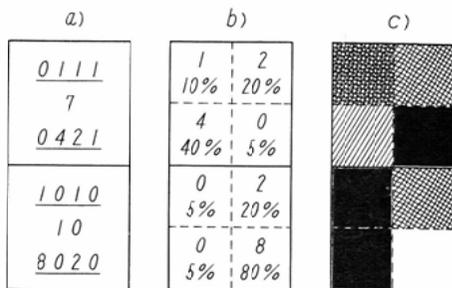


Fig. 2b How to Make up a Random Noise Chart of "Normal" Type.

- a) The 7 or 10 in decimal is 0111 or 1010 in binary system; these figures correspond to 0421 or 8020 in decimal numerals.
- b) Paper reflection of 80%, 40%, 20%, and 5% correspond to 8,4,2,1 and 0 in the set order: In upper enclosure, 5%, 40%, 20% and 10% to 0421.
- c) Affixed paper with each reflection.

て同一順序で貼布して並べた。例へば規格数列に対する数字が10進法で10ならば、2進法で(1010)となるから、上述の様に対応する色紙(80%、5%、20%、5%)を図のように4枚1組づつにして並べたものである(Fig. II)。之をスライドに作製した。

規格化数列の収斂性は一様分布よりも正規分布の方が良いが、実効値は小さい。実効値の大きな粒状性モデルには収斂性の悪い一様分布の方が良い。本チャートにてスライドの要素数は60個×60個が11×11cm²の大きさの投影スクリーン上に分布している、即ち0.5/mmである。

2-2) 信号対雑音比の計算式

第二報に述べた式を再録すると次の通りである。

a) S/N の計算

$$\begin{aligned} (S/N) &= 10 \log_{10} \frac{I_s}{I_n} \\ &= 10 \log_{10} \frac{S_t}{N_t} + 10 \log_{10} \frac{I_1}{I_2} \end{aligned} \quad \dots\dots (I)$$

b) 面積 S, 長さ l による補正

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

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

但し、 S_t = 骨スライドの透過率
 N_t = 雑音スライドの平均透過率
 I_1 = 骨スライドの照度 (投影面上)
 I_2 = 雑音チャートの照度 (投影面上)
 h_s, h_i = 常数

骨スライドの透過率は黒化度より計算した。その黒化度の値と測定部位と値は Fig. 3 ~ Fig. 16 に図示してある。

本雑音チャートの平均透過率は0.24%である。

2-3) 一樣分布と正規分布との S/N の計算上の差

ある観察点Aの透過率x%のとき、骨スライドの明るさと雑音スライドの明るさが、“一樣”ついでの前報の Table I の条件と本実験の Table I の範囲内で S/N-observability 曲線がそれぞれ約 20% observable S/N と 80% observable S/N の

Table I Illumination Ratio of Bone Slide to a Random Noise Slide of "Normal" Type.

Illumination of bone slide Illumination of random noise slide	8 lx Mag. ratio 0.73	14 lx Mag. ratio 0.55
	23.5 lx	-4.67 dB
58.75 "	-8.65 "	-6.22 "
117.5 "	-11.66 "	-9.23 "
235.0 "	-14.66 "	-12.24 "

範囲にわたって、書き得ている場合、両雑音チャートによる S/N の差は骨スライドの倍率0.73のとき信号スライドの明るさは夫々 8 lx (正規)、30 lx (一樣) であり、雑音スライドの明るさは

“正規”のとき 23.5 lx ~ 235 lx

“一樣”のとき 3 lx ~ 18 lx

であり、雑音スライドの平均透過率は

“正規”のとき 0.24%

“一樣”のとき 35%

故に観察点Aの透過率x%のとき、“一樣”と“正規”を使用したときの計算上の S/N の差は (I) 式から

$$\begin{aligned} \Delta(S/N) &= (S/N)_{\text{Normal}} - (S/N)_{\text{uniform}} \\ &= \Delta I_1 S_t - \Delta(N_t \cdot I_2) \\ &= 10 \log 8x - 10 \log 0.24 \times \\ &\quad (23.5 \sim 235) \\ &\quad - \{10 \log 30x - 10 \log 35 \times \\ &\quad (3 \sim 18)\} \end{aligned}$$

$$\therefore \Delta I_1 S_t = -5.77 \text{ dB}$$

$$\Delta(N_t \cdot I_2) = 12.7 \sim 10.5 \text{ dB}$$

$$\therefore \Delta(S/N) = 7 \sim 5 \text{ dB}$$

即ち“正規”のときは“一樣”のときより、実験条件の差のみで 7 ~ 5 dB S/N が悪くなっている。

§ 3. 実験条件

骨スライドと雑音スライドの明るさと大きさ (Table I)

実験装置は第二報の通りである。“一樣”では 35% と平均透過率が高いため 1/10 Neutral filter を使用した。“正規”は平均透過率 0.24% と低いのでそれを使用せず、且つ雑音エネルギーを夫々透過率を 1/2, 1/4, 1/10 Neutral filter で変化させたので、スクリーン上の色温度は一定である。

装置の制限や、雑音チャートの最小空間周波数の制限のために、雑音チャートの要素を最小になる様に投影せねばならず、しかも雑音エネルギーの変化範囲で S/N-observability 曲線を描き得るためには雑音スライドの明るさ、骨スライドの明るさは Table I の 8 lx, 14 lx となる。尚拡大率は原 X 線フィルムに対するものである。

骨 X 線像スライド 骨骼標本の人体頭蓋骨、腰椎、大腿骨を Kodak AA で X 線管電圧 70 kVp, X 線管電流 100 mA, 焦点フィルム間距離 100 cm, 1.5 sec 曝射, Konidol 20° 5 分現像の上, Fuji 35 m/m Fine Grain Positive Film に, Konidol 様硬調現像液で 20°C 2 分の条件で縮写した。

部屋の照度; 1 lx 以下。

スリガラスの細かさ; 1000 ヶ ヶ シュ

照度の測定; 東芝 LD-1-A 光電管照度計

骨スライドの黒化度の測定; ナルミ製 250 型ミクロフォトメーター, 10μ × 10μ アパーチャ, 試料速度 14/3 mm/分, 紙速度 140/3 mm/分

Table II Results of Inquiries About the Skull, the Femur And the Second Lumbar Vertebral Body (A random chart of "normal" type).

Magnification ratio and illumination of signal slide	No of "Yes"														
	× 0.73 (8 lx)							× 0.55 (14 lx)							
	0	23.5	58.8	117.5	235	0	23.5	58.8	117.5	235	0	23.5	58.8	117.5	235
Inquiries															
Illumination of random noise slide (lx)															
1 Can you find out the hypophyseal fossa ?															
2 Can you measure depth and width of the hypophyseal fossa ?															
3 Can you find out the posterior clinoid process ?															
4 Can you find out the suture at the pterion ?															
5 Can you find out the groove for the anterior division of the middle meningeal vessels ?															
6 Can you find out the alveolarity of the mastoid air cells ?															
7 Can you find out the sphenoid sinus ?															
8 Can you find out the maxillary sinus ?															
9 Can you find out the ramus of the mandible ?															
10 Can you find out the diploetic structure of the occipital bones ?															
11 Can you recognize it as the femur ?															
12 Can you the lateral and the medial condyle ?															
13 Can you find out the border between the compact and the spongy bone in the middle of the shaft of the femur ?															
14 Can you find out the border between the compact and the spongy above the condylar portion ?															
15 Can you find out the trabecular structure in the middle of the femur ?															
16 Can you find out the trabecular structure above the condylar portion ?															
17 Can you find out the trabecular structure at the condylar portion, hidden by the patella ?															
18 Can you find out the patella ?															
19 Can you find the contour of the 2nd lumbar vertebral body ?															
20 Can you find out the intervertebral space between the first and the 2nd lumbar vertebral body ?															
21 Can you find out the pedicle ?															
22 Can you find out the transverse process ?															
23 Can you find out the superior articular process ?															
24 Can you find out the trabecular structure of the vertebral body ?															
25 Can you find out the trabecular structure of the vertebral body, overlapped by the transverse process ?															
The Skull	10	10	10	10	8	4	10	10	10	8	10	10	10	8	3
The Femur	10	10	9.5	9.5	3	0	10	9.5	8.5	0.5	10	10	7.5	0.5	0
The L.V.B.	10	10	10	9.5	6.5	1.5	10	10	10	4	0.5	10	19	4	0.5
	10	6.5	2	0	0	0	8.5	6.5	0.5	0	0	6.5	0.5	0	0
	10	9.5	4	0.5	0	0	10	10	5	1.5	0	10	5	1.5	0
	10	9.5	6.5	3	0	0	10	9.5	5.5	0.5	0	10	5.5	0.5	0
	10	9	6.5	0.5	0	0	10	8.5	4.5	0.5	0.5	10	8.5	0.5	0.5
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	7	10	10	10	7
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	—	—	—	—	—	—	5	3	2	1.5	0	3	2	1.5	0
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	10	9.5	9.5	8.5	7.5	7.5	10	9.5	10	9.5	9	10	9.5	9	5
	8.5	5.5	2.5	1	0	0	9	6.5	1.5	1	0	6.5	1.5	1	0
	10	9.5	8	5	3	3	10	10	7	6.5	4.5	10	7	6.5	4.5
	7.5	1.5	0	0	0	0	5.5	1	0	0	0	1	0	0	0
	10	5	1	0	0	0	9.5	4.5	2	0	0	4.5	2	0	0
	8.5	5.5	1	0	0	0	9	4	0.5	0	0	4	0.5	0	0
	10	10	10	9.5	8.5	8.5	10	10	10	9.5	10	10	10	9.5	7.5
	10	10	10	9	4	4	10	10	10	9.5	10	10	10	9.5	5.5
	10	10	9.5	8.5	2.5	2.5	10	10	10	10	10	10	10	9.5	7
	10	10	5.5	2	0	0	10	9	6	2.5	0	9	6	2.5	0
	10	10	9.5	7	1	1	10	10	10	7	2	10	10	7	2
	10	10	9.5	6	5	5	10	10	10	9.5	10	10	10	9.5	5.5
	4.5	2	0	0	0	0	4.5	2	0	0	0	4.5	2	0	0
	5.5	2	1	0	0	0	4.5	2	0	0	4.5	2	0	0	0

Three answers of "Yes", "I think I can find out" and "No" are scored at 1.0, 0.5 and 0.

Fig. 3 16. S/N Observability Curve With Density Curve of the Bone Concerned And Its Radiograph.

Y-axis: Distribution of affirmative answer (%).
X-axis: Signal-to-noise ratio (dB).

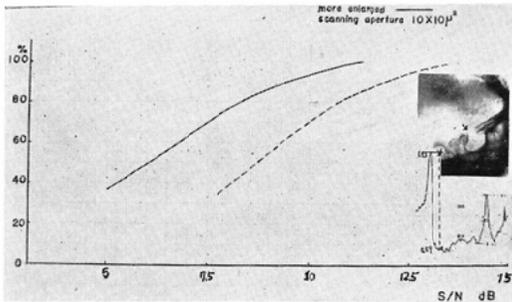


Fig. 3. (1) Can You Find out the Hypophyseal Fossa ?

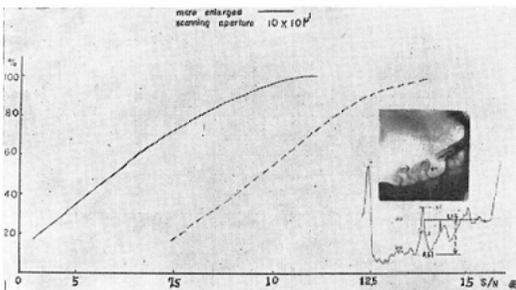


Fig. 4. (3) Can You Find out the Posterior Clinoid Process ?

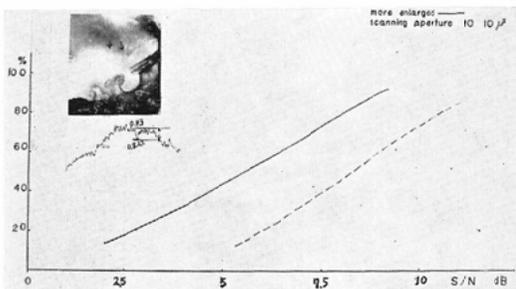


Fig. 5. (4) Can You Find out the Suture at the Pterion ?

観察者 医師10人

観察対象 Table II の通りで頭蓋骨10項目、大腿骨8項目、腰椎7項目の25項目である。

観察距離75cm, 観察順序はマスクしてない方から順次質問した。“一樣”の実験より3カ月後である。

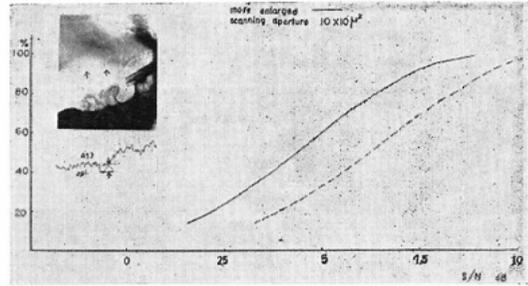


Fig. 6 (5) Can You Find out the Groove for the Anterior Division of the Middle Meningeal Vessels ?

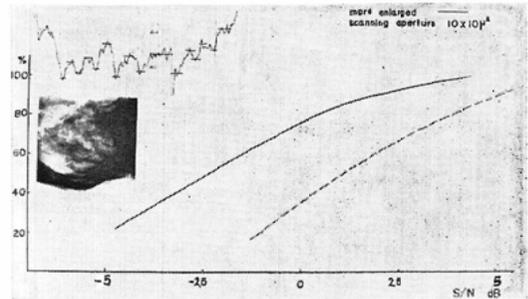


Fig. 7 (6) Can You Find out the Alveolarity of the Mastoid Air Cells ?

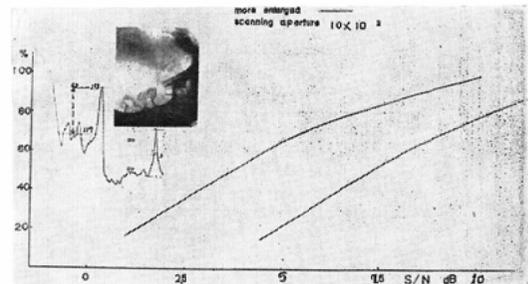


Fig. 8 (7) Can You Find out the Sphenoid Sinus ?

§ 4. 測定結果及び考察

4-1) S/N-observability 曲線の性状

一樣分布の場合と同様でTable IIの各質問に対して“見出しうる”“見出しうると思う”, “見出しえない”の限定された返答に対して夫々, 1, 0.5, 0のyes数として, 10人中の返答率を求め, (Table II) そのときの S/N を計算し, それぞれy軸x軸にとり, S/N-obs. 曲線画いた。

これを正規確率紙にプロットすると Fig. 17の通りで図から次式をうる⁸⁾⁸⁾。

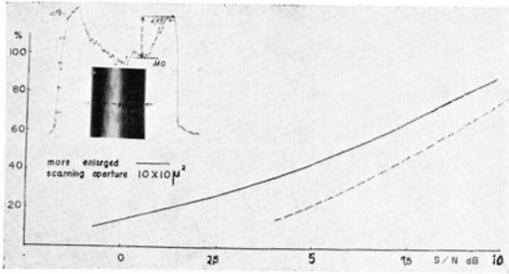


Fig. 9 (13) Can You Find out the Border Between the Compact And the Spongy Bone in the Middle of the Shaft of the Femur ?

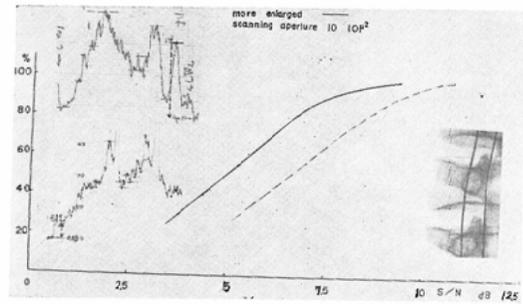


Fig. 12 (19) Can You Notice the Contour of the 2nd Lumbar Vertebral Body ?

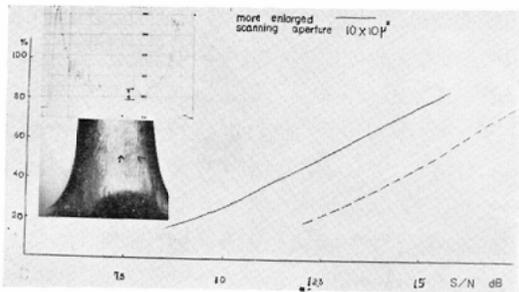


Fig. 10 (16) Can You Find out the Trabecular Structure Above the Condylar Portion ?

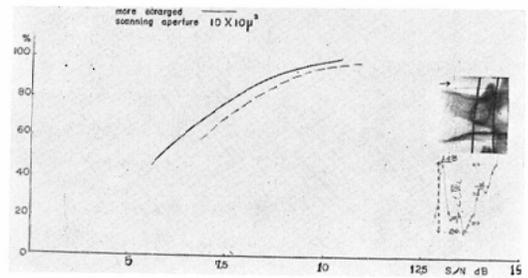


Fig. 13 (20) Can You Find out the Intervertebral Space Between the First And the Second Lumbar Vertebral body ?

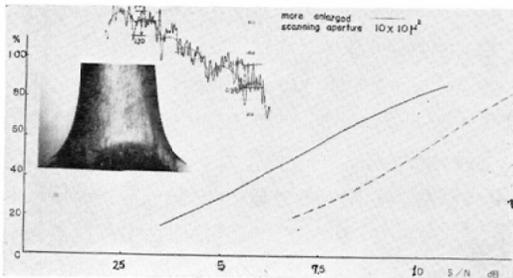


Fig. 11 (17) Can You Find out the Trabecular of Structure at the Condylar Portion. Hidden by the Patella ?

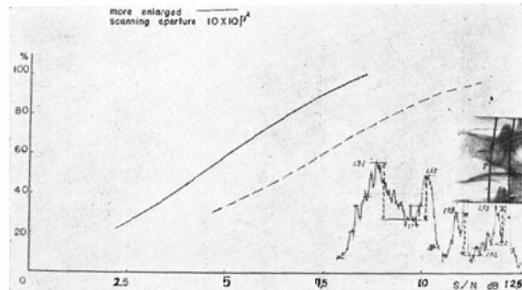


Fig. 14 (21) Can You Find out the Pedicle ?

99% observable S/N (50% obs. S/N + 3σ) を求めた (以下本文にて50% obs., 80% obs., 99% obs. と略す).

“正規”の場合も“一様”と同様な補正をなし得ると考え、補正された S/N を Effective S/N として示した。

各観察項目に対する S/N の計算根拠は第Ⅱ報の通りである。

4-2) 頭蓋骨について (以下主として骨 X 線像の倍率0.73, 明るさ 8 lx の場合について述べる)。

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

ここに φ(x) = 分布関数

x = S/N デシベル

x₀ = x の平均値

σ = 標準偏差

正規分布チャートによる方は一様分布チャートの夫よりやや正規性は良い。各観察項目については50% observable S/N, 80% observable S/N, σ,

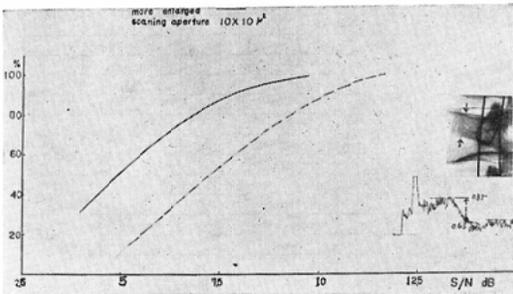


Fig. 15 (22) Can You Find out the Transverse Process ?

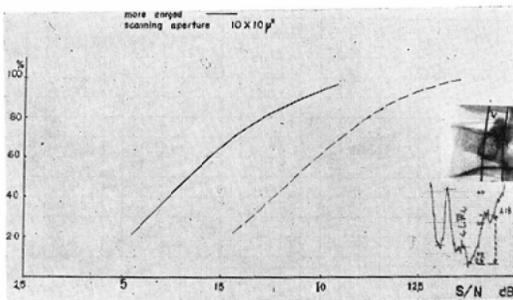


Fig. 16 (23) Can You Find out the Superior Articular Process ?

(Fig.18)

①②③下垂体窩について(以下丸印内の数字は質問した観察対象の順位を示す)。大腿骨顆上部の骨梁構造以外では②下垂体窩の計測の80% obs. の11.2 dBは最高であり、“一樣”のときより②③共約5 dB 高い。①は“一樣”より8 dB 高くより見難い。又①③の S/N-obs. 曲線はほぼ完全に一致する。併し②は①③と相似形であるが80% obs. で3 dB 高いのみである。 σ は3つとも2.5 dBである。“一樣”では σ は1.3, 2.9, 3.4dBである (Fig. 3, Fig. 4)。

④骨縫合, ⑤中硬脳膜動静脈の圧痕 (Fig. 5, Fig. 6) 両者共補正前の80%obs. は8 dB, 6.5 dBで“一樣”との差は2-3)の標準より1 dB 以上高く, 8.4 dB, 9.1 dBである。“一樣”と同様の補正をすれば80%obs. は18 dB, 13.8 dB となり, 25問中骨梁構造以外では最高の S/N を要するものの一つである。

⑥乳突蜂巣について (Fig. 7)

80% obs. は0.5 dB, であり, “一樣”と同様に偽周期構造で補正しても80%obs. は4.7Bd と非常に小さい。“一樣”では Physical S/N は比較的 low, 補正では高い方に属するが, “正規”では Physical S/N, Effective S/N とも最小である。“正規”と“一樣”の差が標準差5~7 dB と比べて1.1 dB しかなく, “正規”の方がずっと見易い事を示し, 蜂巣性の特殊性を示している。 σ は3.3 dB とやや大である。

⑦⑧蝶形骨洞及び上顎洞について (Fig. 8)

80% obs. は夫々 6.8dB, 2.5dB であり, ⑧の方が低い, 面積比で補正すれば, 6.8dB, 6.5 dB となる。共に相対的に S/N の低い方である。又“一樣”と“正規”との差は6.2dB, 6.3dB で差がない。S/N obs. 曲線は⑧の方バラツキ大, かつ外捜した。 σ は⑦の方やや大だが, ⑦⑧は同一性状と考へてよい。

⑨下顎枝は雑音最大るとき, 即ちS/N 4.7dB でも100% observable である。

⑩後頭骨骨板の二層性は雑音ないときでも100% observable でない。

4-2) 大腿骨について (Fig. 19)

⑫大腿骨両側顆について

80%obs. の4 dB は⑥乳突蜂窩, ⑧上顎, ⑬膝蓋骨につき低い S/N である。 σ の5.4dBは全項目中最大である。“一樣”と“正規”との差2.5 dB は標準差と比べると極めて低い。この様なものは⑥と⑬のみである。大腿骨体との移行部が不明で, 写真的にコントラストが弱く, 固定具などの関係であろう。

⑬⑭緻密質と海綿質(骨皮質と髓質)の境界について (Fig. 9)

ともに80%obs. は8.9 dB, 9.5 dB, σ は3.9 dB, 4.2 dB で一樣のとき程差がない。“一樣”と“正規”との差6.4 dB, 4.3 dB は顆上部の方がやや差が少い。

⑮膝蓋骨の80% obs. は2.8 dB で, 補正しても6.6 dB で低いグループである。“一樣”と同一傾向である。

⑯⑰⑱大腿骨中央, 顆上部及び膝蓋骨と重複す

る部分の骨梁構造について (Fig. 10, Fig. 11)

⑮は雑音ないときでも75%しか観察できず、最小雑音でも15% observable になるので80% obs. など求められない。⑯⑰の80%obs. は夫々15.5 dB, 9.7dBで前者は最高である。“一樣”と“正規”との差は9.4dBで最も大である。骨梁構造では“正規”の方が遙かにS/Nが高くなる。

4—3) 第二腰椎について (Fig. 20)

“一樣”のときの雑音エネルギーの範囲では50% obs.は extrapolate したが、“正規”ではFig. 20の如くS/N-obs. 曲線のバラツキ少く、相似性高く、 σ は2.0~2.3 dB, 80% obs.は6.6 dB~8.6 dB内である。之は頭蓋骨や大腿骨と大いに異なる。

“一樣”のときと同様に⑳上関節突起との面積比で補正すれば、80% obs.で㉑椎体形が14.0 dBで最高であり、ついで㉒横突起、㉓椎間の夫々80% obs.が11.8 dB, 11.3 dBである。“一樣”との差では㉒推弓根が11.5 dBと最高である、その他㉒横突起が9.2 dB, ㉓椎間が8.2 dBである。“一樣”では補正してもS/Nは比較的lowかつたが、“正規”では補正されたS/Nはやや高いグループに属している (Fig. 15)。

㉑椎体の形体は“一樣”では80%obs. など求められなかつたが、“正規”では可能だつた (Fig. 12)。

㉒推弓根は拡大率と明るさをかえたとき、S/N obs.曲線上、80% obs.で0.7dBしか違わない。前後の側縁の重複する所としない所とあるので、雑音でマスクした時注視点が問題となると思われる。倍率と明るさをかえたとき、“一樣”では相似性が少い (Fig. 13)。

㉒推弓根は“一樣”のとき、補正しても、80% obs. は-2.5dBと最低だつたが、“正規”のときも、補正前の値で6.6dBと腰椎に関するものの中では最低であるが他との差は少い。“一樣”と“正規”との差11.4 dBは全観察対象中最高である (Fig. 14)。

㉔㉕椎体の骨梁構造について

雑音をマスクしないときでも、45%、55%しか

見えず、50%obs. など求められない。

㉔㉕については雑音ないとき、倍率0.75, 0.55でも observability も大差なく、雑音をマスクしたときの observability も一様に低下している。

併し“一樣”では㉔の方が㉕より見難くなつている。

4—5) 臨床的観察経験との対比

観察項目によつて面積、長さ、面側性、偽周期性構造などにより画像上、解剖学上類似したものの相互間でPhysical S/Nを補正し、Effective S/Nを求めた。

4—5—a) Physical S/Nが低く、Effective S/Nが高いもの

これには pterion の範囲での④骨縫合、⑤中硬脳膜動静脈の圧痕が属し、臨床的に観察し難い。“一樣”でも同様である。

4—5—b) Physical S/Nが低く、Effective S/Nが相対的に低いもの

この中⑧上顎洞、⑩膝蓋骨、⑫大腿骨両側顆は観察し易い。⑨上顎枝、⑪大腿骨体はS/Nが低すぎて計れない。勿論之らは極めて観察し易く、“一樣”と同様である。併し⑥乳突蜂巣⑦蝶形骨洞は観察し難い。⑥は“一樣”では、Effective S/Nが比較的高かつたが、正規ではPhysical S/N, Effective S/Nとも25観察項目中最低である。⑦のPhysical S/N, Effective S/N共“一樣”では中位だが、“正規”ではともに最低のグループに属する。

次にPhysical S/N, Effective S/Nとも中位で観察し易いのは、㉒推弓根であり、Physical S/Nが中位でEffective S/Nがやや高くて観察し易いのは㉒横突起、㉑腰椎体、㉓腰椎間などである。Effective S/Nがやや高いと言つてもa)の④⑤ほど高くなく、又後述の骨梁構造ほども高くないからa)に属すると考えて良からう。腰椎に関するこれらの⑯⑰⑱は“一樣”ではPhysical S/NもEffective S/Nもともに低かつた。

4—5—c) Physical S/Nが相対的に高く、Effective S/Nに補正されないが、他の補正し得たものも含めた中で、S/Nの高さで順序付けたと

き、相対的に S/N が高いもの

⑩⑪⑫⑬⑭などの骨梁構造に関するものであり、このうち⑩⑪のみ測定可能で他は S/N が高すぎて測定不能だった。更に⑫下垂体窩の計測も之に属し、これらは何れも観察し難い。併し⑬下垂体窩の存在は観察し易い。これらは“一樣”におけると同様である。

4-5-d) Physical S/Nが高く、Effective S/Nに補正されないが、他の補正し得たものも含めた中で S/N で順序付けたとき相対的に S/N が低いもの

③トルコ鞍後壁突起、②上関節突起、⑬骨皮質と髄質との境などが之に属し、③②は比較的観察し易い。⑬はそれほど見易くない。何れも“一樣”のときほど S/N が高くなく、中位である。又“一樣”では⑭は c) だったが、“正規”では c) d) の中間である。

Effective S/N を求め得たものも含めた中で S/N で順序付けたとき相対的に S/N の高いものは臨床的に観察し難く、又 S/N の低いものは観察し易いと、a) b) c) d) から考えて良い。⑥と⑦は Physical S/N Effective S/N とともに低く、しかも観察し難いので、その構造に基く、別の補正が必要かもしれない。逆に Effective S/N が高く観察し難いものは①下垂体窩の存在である。⑥⑦①が最も妥当しないものである。その他腰推に関する⑱⑲⑳㉑㉒が、“一樣”より相対的に Effective S/N が高い。⑭は“一樣”より相対的に Effective S/N が低い。③②は“一樣”より相対的に Effective S/N がやや高い。⑭と⑬は Effective S/N は 1 dB も違わないが、⑭は観察し易く、⑬の方が観察し難い。之らの多少の例外はあるが、一般的に S/N の高低が主観的な観察の難易と比例しているといえる。

4-6) “正規”と“一樣”との測定値間の相関関係

a) 80% obs. については頭蓋骨では相関関係 0.692 (10%危険率で有意差)、大腿骨では 0.89 (5%有意差) 腰椎では 0.957 (5%有意差)、全体として 0.697 (1%有意差) である。

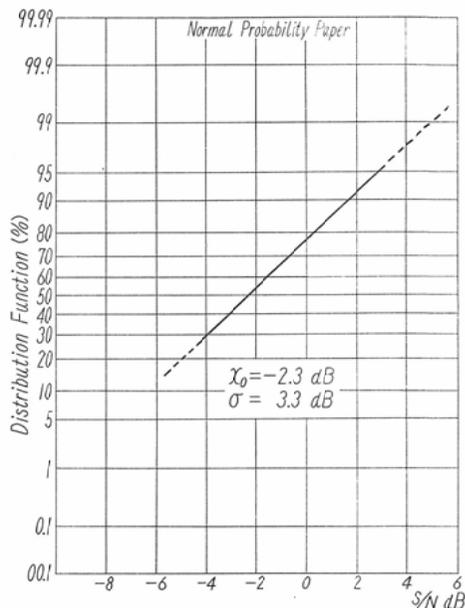


Fig. 17 The Statistical Distribution of Maximum to Minimum Signal-to-Noise Ratio for the 6th Inquiry, When Using a Random Chart of Normal Type.

“正規”の S/N を x 軸，“一樣”の S/N を y 軸にとりプロットとすると、

y の x に対する回帰は

$$y = 0.657x - 4.16$$

x に対する y の回帰直線の廻りの測定値の標準偏差は 2.44 dB、回帰係数の標準誤差は、0.175 である。

b) Effective 80% obs. については頭蓋骨では相関係数 0.835 (5%有意差) 大腿骨、腰椎では有意差ないが、全体としては 0.71 (1%有意差) である。y の方に対する回帰直線は

$$y = 0.54x - 2.03$$

であり、x に対する y の回帰直線の廻りの測定値の標準偏差は 2.13 dB、回帰係数の標準誤差は 0.14 であり、相関係数、回帰直線の廻りの標準偏差、回帰係数の標準誤差ともに 80% obs. とは良くなっている。

c) 99% obs. では全体としての相関係数 0.645 (1%有意差) あるが、頭蓋骨、大腿骨、腰椎にわけたときは相関がない。

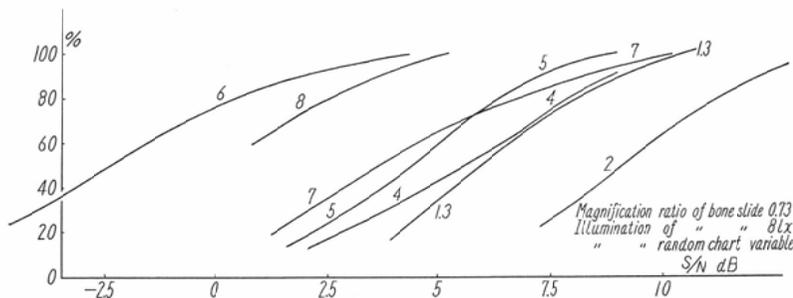


Fig. 18 The S/N-Observability Curve About the Skull, When Using a Random Chart of Normal Type.

d) “ σ ”や、拡大率をかえたときの80% obs. の差については共に相関がない。

§5 総括

骨X線像と統計的正規分布に基づいて作製された 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 曲線の性状につき調べ、第二報の一樣分布型Random noise chart の結果と比較検討した。

正規分布型雑音チャートを用いたとき S/N-observability 曲線は、“一樣”のときよりも正規分布に近い。“正規”と“一樣”の差異の甚しいものは観察対象の特殊性を示したもので、それらの点を考えれば、複雑な正規分布型雑音チャートを用いなくとも、一樣分布型雑音チャートでも、少なくともX線像については代用できると思はれる。

5-1) 頭蓋骨について(1~6は骨スライドの倍率0.73, 明るさ8lxである。Fig.18, Table III)

1. 測定対象部全部について S/N-obs. 曲線のバラツキの中は80% obs.の所で約11dBである。“一樣”と同様である。

2. 1の順序は低い方から⑥乳突蜂巢, ⑧上顎洞, ⑦蝶形骨洞(⑤中硬脳膜動静脈の圧痕と交叉), ④骨縫合, ①下垂体窩の存在, ③トルコ鞍後壁突起, ②下垂体窩の計測の順序である。“一樣”と比べ④⑤⑥の順序が変っている。

3. σ は2.4~3.5dBで①②③⑤⑧はほぼ、同一で全体として“一樣”よりバラツキが少く、

S/N obs. 曲線は整然としている。“一樣”と“正規”では相関はない。

4. 50%obs.は⑥が-2.3dBの負値であり, ⑧が0.4dBとついで低く, ②が9.2dBで最高である。

5. 80%obs.では⑥⑧が0.5dB, 2.5dBなるのを除けば, 6.5~11.2dB内である。③下垂体窩の計測は11.2dBで高い。“一樣”と同様に長さ, 面積で補正すると, ④骨縫合が18dBで最高, ⑤中硬脳膜動静脈の圧痕が13.8dBと之につぐ。“一樣”との相関係数はS/N補正前で0.692(10%有意差)補正後で0.835(5%有意差)である。

6. 99% obs. 即ち $(x+3\sigma)$ obs. をとると, 補正前の値で⑥⑧が最低で共に7.6dBであり, ③の16.7dBが最高である。“一樣”との差は⑥③②が夫々0.6, 3.2, 4.7dBで少い方であり, ④⑤①が夫々0.5, 9.1, 8.3dBで差の大きい方である。“一樣”との間に相関はない。

7. 次に骨スライドの倍率と明るさを夫々0.55, 14lxとしたとき, ⑤のみ観察し易くなっている。併し“一樣”では凡て見易くなっているが, 相関はない。このとき信号の明るさ14lxと8lxの比だけ, 即ち Physical S/Nで2.5dB高くなっている。実験の結果2.5dBだけ差が出て当然だが, (標準S/N差) 実際は1.6~3.6dBで, ⑤が1.6dB, ③が3.6dBであり, 他は2.4~3.3dB内である。

8. 80%obs.で“正規”のS/Nは2-3)に述べ

Table III Several Observable Signal-to-Noise Ratios About the Skull, the Femur And the 2nd Lumbar Vertebral Body.

Magnification and illumination of bone side	Physical S/N, by the use of a random chart of normal type.										Physical S/N, used by random chart of uni-form type. Mag. = 0.73(30lx)				
	x 0.55(14lx)					x 0.73 (8 lx)									
	50% S/N	80% S/N	σ	50% S/N	80% S/N	σ	Effect. S/N	Effect. S/N	Effect. S/N	Effect. S/N		80% S/N	(+3 σ) S/N diff. bet. normal a. uni-form		
Inquiries															
1 The hypophyseal fossa.	8.7	10.8	2.5	6.2	8.3	2.5	13.7	15.6	21.0	8.3	10.9	-1.1	0	1.3	2.8
2 Measurement of depth and width of the hypophyseal fossa.	11.8	13.7	2.2	9.2	11.2	2.5	16.7	11.2	16.7	2.4	5.3	4.7	3.3	5.7	2.9
3 The posterior clinoid process.	9.7	11.6	2.3	6.0	8.0	2.5	13.5	8.0	13.5	3.6	5.1	3.2	0.1	2.9	3.4
4 The suture at the pterion.	8.3	10.5	2.8	5.5	8.0	3.0	14.5	18.0	14.5	2.5	8.4	9.5	-2.5	-0.4	2.5
5 The groove for the anterior division of the middle meningeal vessels.	6.3	8.1	2.3	4.4	6.5	2.6	12.2	13.8	12.2	3.3	9.1	10.3	-4.4	-2.6	2.1
6 The alveolarity of the mastoid air cells.	1.3	3.8	3.1	-2.3	0.5	3.3	7.6	4.7	7.6	1.6	1.1	0.6	-3.5	-0.6	3.5
7 The sphenoid sinus.	7.4	10.1	3.3	3.8	6.8	3.5	14.3	6.8	14.3	3.3	6.2	5.9	-2.4	0.6	3.6
8 The maxillary sinus.	3.2	5.1	2.2	0.4	2.5	2.4	7.6	6.5	7.6	2.6	6.3	5.9	-5.8	-3.8	2.5
9 The ramus of the mandible.	(7.2)	-	-	(4.7)	-	-	-	(10.3)	-	-	-	-	(0.2)	-	-
10 The diploetic structure of the occipital bones.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11 The femur.	(10.8)	-	-	(3.4)	-	-	-	(15.2)	-	-	-	-	(3.7)	-	-
12 The lateral and the medial condyle.	4.4	6.7	2.7	-0.5	4.0	5.4	15.7	5.5	17.2	2.7	2.5	6.7	-1.5	1.5	3.5
13 The border between the compact and the spongy bone in the middle of the shaft of the femur.	7.8	10.5	3.3	5.6	8.9	3.9	17.3	8.9	17.3	1.6	6.4	9.5	0.3	2.5	2.5
14 The border between the compact and the spongy above the condylar portion.	8.3	11.5	3.9	5.9	9.5	4.2	18.5	9.5	18.5	2.0	4.3	3.4	1.3	5.2	4.6
15 The trabecular structure in the middle of the femur.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16 The trabeculae above the condylar portion.	15.1	17.8	3.2	12.4	15.5	3.6	23.2	15.5	23.2	2.3	9.4	12.8	4.4	6.1	2.0
17 The trabecular structure at the condylar portion, hidden by the patella.	9.7	12.2	2.9	6.9	9.7	3.3	16.8	9.7	16.8	2.5	-	-	-	-	-
18 The patella.	3.7	6.5	3.4	-0.9	2.8	4.4	12.3	6.6	16.1	3.7	5.3	9.3	-2.5	-4.8	2.6

The Skull

The Femur

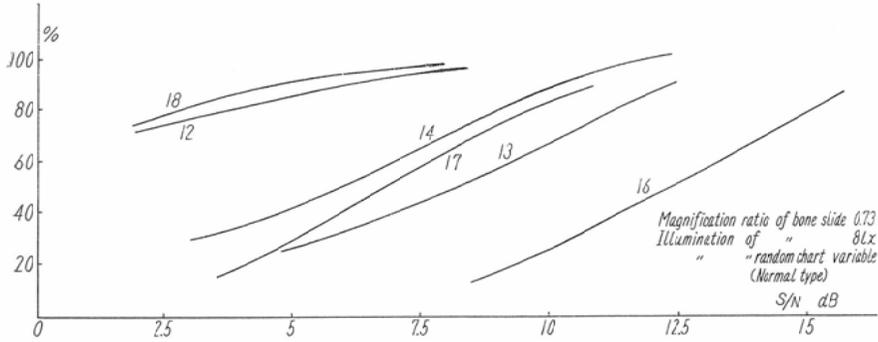


Fig. 19. The S/N-Observability Curve About the Femur, When Using a Random Chart of Normal Type.

Table IV Comparison of Some Observable Signal-to-Noise Ratios by the use of a Random Noise Chart of "Normal" Type with Those of a Random Noise Chart of "Uniform" Type.

	"Normal" type	"Uniform" type
I. Range of 80% obs. S/N of all inquiries (The skull) (The femur) (The l.v.b.)	15 dB (11 " (12.5 " (2 "	11.5 dB (11 " (8.5 " (8 "
2. Upset orders, between "normal" and "uniform"		6, 12, 21.
3. "σ" (The skull) (The Femur) (The l.v.b.)	2.0—5.4 dB (2.4—3.5 " (3.3—5.4 " (2.0—2.3)	2.0—4.6 dB (1.3—3.6 " (2.0—4.6 " (1.9—3.7 " (12, max.) (14, max.) (19, 21, min.) (Extrapolated)
4. 50% obs. S/N	— 2.3—0.4 dB 6, 18, 12, 8. 3.8—6.7 " Others. 9.0—12.4 " 2, 16. 3/19	— 8.0—3.0 dB 21, 8, 18, 5, 22, 6, 20. — 3.0—0.5 " Others. 1.3—4.4 " 14, 2, 16. 11/17
5. 80% obs. S/N	0.5—5.0 dB 6 (min.), 8, 18, 12 5.0—10.0 " Others. 10.0—15.5 " 2, 16.	— 4.9—1.0 dB 21 (min.), 8, 18, 22, 5. — 1.0—5.0 " Others. 5.0—6.0 " 2, 14, 16 (max.).
Corrected 80% obs. S/N	4.7—8.0 dB 6 (min.), 12, 8, 18, 7. 8.0—15.0 " Others. 15.0—18.0 " 1, 16, 4 (max.).	— 2.5—2.0 " 21 (min.) 8, 7, 18. 2.0—6.0 " Others. 6.0—9.6 " 16, 1, 4 (max.)
6. 99% obs. S/N	7.6—10.0 dB 6, 8. 10.0—18.0 " Others 18.0—23.2 " 14, 16 (max.)	1.7—2.0 dB 8 (min.), 5, 22, 3.0—10.0 " Others 10.0—15.1 " 3, 2, 16, 14 (max.)
7. 80% obs. S/N difference between magnification 0.55 and 0.75	2.5+ 1.0 dB > 3, 18. 2.5—1.0 " > 2.0.	2.2+ 1.0 dB > 12, 14. 2.2—1.0 " > 0
8. 80% obs. S/N difference between "normal" and "uniform" above range	7.0+ 1.0 dB > 1, 4, 5, 16, 20, 21, 22, 21 (max.), 22. 5.0—1.0 " > 6 (min.), 12. (1.1) ~4.3~9.4~ (11.5) dB	
9. Uncalculated	9, 10, 11, 15, 24, 25.	9, 10, 11, 15, 17, 19, 24, 25.

Integrals are implied No. of inquiries.

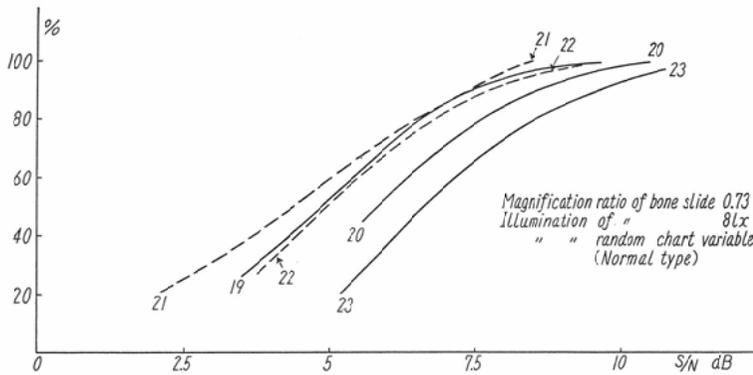


Fig. 20 The S/N-Observability Curve About the 2nd Lumbar Vertebral Body, When Using a Random Chart of Normal Type.

Table V Correlation Between Some Observable Signal-to-Noise Ratios by a Random Noise Chart of "Normal" Type and Those of a Random Noise Chart of "Uniform" Type.

	80%observable S/N	Effective 80% observable S/N	99%observable S/N
Correlation coefficient about all the bone	0.697	0.71	0.645
Regression line	$y = 0.657x - 4.16$	$y = 0.54 x - 2.03$	$y = 0.685 x - 2.72$
Standard deviation of y to x around regressionline	± 2.44	± 2.13	± 3.20
Standrad error of regression coefficient	± 0.175	± 0.14	± 0.21

y : Signal-to-noise ratio in a random noise chart of normal type.
 x : " " " " " " " " " " " "
 x : 1% significant.

ある。⑩骨梁構造が 9.4dB で 1dB 以上大，⑫両側顆が 2.5 dB で 1dB 以上小である。

5-3) 腰椎について (Fig.20, Table III)

(1~6は骨スライドの倍率0.73，明るさ8lxの場合である)。

1. 測定対象全部について S/N-obs. 曲線のバラツキの巾は 2dB であり，“一樣”のときの 8dB と比べると非常に狭い。

2. この順序は80%obs. の点で，低い方から②椎弓根，①椎体，③横突起，④椎間，⑤上関節突起であり，“一樣”のときと同様である。

3. σ は 2.0~2.3dB であり，大腿骨，頭蓋骨と比べると最もバラツキが少い。“一樣”のときと相関はない。

4. 50%obs.は 4.9~ 6.7dBである。“一樣”

のときは殆んど負値で -8 ~ 0.3dB である。

5. 80%obs.は 6.6~ 8.6dBであり⑤上関節突起が最高の S/N で 8.6dB である。“一樣”のときと同様に上関節突起の面積を“1”としてそれとの面積比で補正すると，①11.3dB，①9.14dB，②9.0dB，②11.8dB となる。

“一樣”のときと異なり④椎弓根も他と同様な S/N となる。Physical S/N で“一樣”と相関がある (0.975 1%有意差)。Effective S/N で“一樣”と相関はない。

6. 99%obs.は10.9~13.3dBであり，“一樣”と同様に③が最高のS/N である。“一樣”と“正規”の差は③が 3.4dB，②が10.1dB である。

7. 骨スライドの明るさと倍率を夫々14lx, 0.55とかえたとき，④椎間だけは80%obs.で 0.7

で最低であり、15dB以上は⑩⑪骨梁構造が23.2, 16.8dB, ⑬⑭骨皮質と髓質との境が 17.3, 18.5 dB と高く、ついで⑫15.7dB ⑮16.7dB である。“一樣”では 1.7~ 15.1dB である。“一樣”との相関は 0.645 (1%有意差) である。

7. 骨スライドの倍率と明るさを0.55, 14lx としたとき、標準 S/N 差より 1 dB 以上大なるものは、③トルコ鞍後壁突起 3.6dB, ⑧ 3.7dB であり、1 dB 以上小なるものは⑩椎間である。“一樣”で 1 dB 以上大なるものは ⑫⑬であり、1 dB 以上小なるものはない。“一樣”と相関はない。

8. 80%obs. で“正規”と“一樣”と比べると標準差 7 dB より 1 dB 以上即ち 8 dB 以上差があるのは、①下垂体窩 8.3dB, ④骨縫合 8.3dB, ⑤中硬脳膜動静脈の圧痕 9.1dB, ⑯骨梁構造 9.4 dB, ⑫椎間 8.2dB, ⑭椎弓根 11.5dB, ⑮横突起 9.2dB であり、標準差 5 dB より 1 dB 以上即ち 4 dB 以内の差なのは⑥乳突蜂巢 1.1dB, ⑩両側顆 2.5dB のみである。

9. S/N が低すぎて測定できぬものは⑧⑪であり、S/N が高すぎて測定できぬものは⑩⑬⑭⑮などの骨梁構造である。

10. “一樣”と“正規”との相関関係を調べた。有意差で80%obs. に相関関係があり、回帰曲線はyを“正規”の S/N, x を“一樣”の S/N とすると

$$y = 0.657x - 4.16$$

である。

11. 臨床的観察経験との対比

① Physical S/N が低く Effective S/N の高いもの④⑤が之に属し観察し難い。“一樣”でも同様である。

② Physical S/N が低く、Effective S/N が相対的に低いもの、⑧⑬⑭⑯⑰が之に属し観察し易い。⑱⑲⑳㉑も同様である。併し後者は“一樣”のときより Effective S/N はやや高い。⑥⑦はこれと逆に見難い。

③ Physical S/N が相対的に高く、Effective S/N を求め得たものも含め S/N で順序付けたとき相対的に S/N の高いもの、②⑬⑭⑰⑲⑳㉑は観察し難く、①は観察し易い。“一樣”と同様の傾向である。

④ Physical S/N が相対的に高く、c) と逆に Effective S/N の低いもの、③㉒は観察し易いが、⑬はそれほど観察し易くなく、“一樣”と同様の傾向である。

Effective S/N の高いものは観察し難く、Effective S/N の低いものは観察し易い。⑥⑦の様な例外もある。

本論文の一部は第 173 回日本医学放射線学会関東部会に発表した。(昭和40年11月20日)御校閲下さっ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って下さった牧田康雄NHK基礎研究所々長、東京大学中央放射線部田坂皓助教授に感謝致します。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し上げます。

参考文献 X線像の雑音(II)参照