

Title	X線写真像の周波数解析に関する研究 第1報 分析装置と分析の可能性について
Author(s)	星野, 文彦; 鈴木, 正吾; 磯部, 寛
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1969, 29(5), p. 529-534
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17939
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

X線写真像の周波数解析に関する研究

(第1報 分析装置と分析の可能性について)

東北大学医学部放射線医学教室

星野文彦 鈴木正吾

岩手医科大学教養部

磯部 寛

(昭和43年12月12日受付)

Study on Frequency Analysis of Radiographic Image
(Ist Report, possibility of frequency analysis and its analyzer)

By

Fumihiko Hoshino, Shogo Suzuki

Department of Radiology, Faculty of Medicine, University of Tohoku

Hiroshi Isobe

School of Liberal Arts & Sciences, Iwate Medical University

We connected microphotometer of optical balance system with multi-channel Ultra Low Frequency Analyzer that is on-line connection, and discussed about possibility frequency analysis of Radiographic image. That slit aperture of microphotometer is $100 \times 100 \mu^2$, scanning speed is 50 mm/min. and we used a piece of Radiograph that is direct 4 times magnification of chest radiograph (intensifying screen, Kyokko HS). As a result of that experiment, we got a size of the image that is able to analyse image and mottle in Radiograph, is about 0.6 mm.

I. 緒言

X線写真像の自動診断は、その像形成要素が数多く重なり合つて出来ているだけに非常に困難である。最近、この要素の一部である撮影系の定量的な解析¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾は、フリエ解析の手法を用いて、急速な発展をとげつつある。また一方、パターン認識の技術をX線写真に應用する試みも行われ⁶⁾、その成果が上りつつあるが、その識別可能な像の大きさはcm単位の非常に大きなものであり、自動診断の第1歩といった感を受ける。

我々は大きい像は除外し、特に微細像がいかに変化しているかに着目し、その解析を試みようとするものである。その解析法として、周波数解析法⁷⁾⁸⁾を採用し、微細像に対応する周波数成分の大きさがいかなる値を有するかを求め、その値と

臨床データとの結びつきについて検討を加えようとするものである。特に今回は解析装置を中心に、基礎実験と周波数分析の可能性について述べる。

II. 解析装置

1) 解析方法

我々が採用したX線写真の周波数解析の方法は、X線写真像をマイクロフォトメータで走査し、その信号(マイクロフォトメータのペン駆動部に直結したポテンシオメータで濃度値に比例した電圧に変換される)を周波数分析装置に直接入力として加えて行う方法で、いわばマイクロフォトメータとの on-line 接続での解析方法である。

マイクロフォトメータとの on-line 接続によつて解析する場合には、得ようとする film 上の像の

大きさに対応する周波数にスキャン速度の scan. speed に関する。本実験に使用したマイクロフォトメータは光学平衡方式を採用したナルミ製マイクロフォトメータであるので、scan speed を上げ、解析する像の大きさに対応する周波数を一般的な周波数分析器の周波数範囲まで大きくする⁷⁾には、おのずから制限がある。そこで超低周波数分析器を使用した。

2) マイクロフォトメータの scan. speed と film 上の像の大きさおよびその周波数との関係

マイクロフォトメータの scan. speed は $200 \times G$ mm/min. で与えられ、 $G = (1/2)^n$ $n = 0, 1, 2, \dots, 10$ である。したがって film との像の大きさ S (mm) とその周波数 f (Hz) の関係は容易に得られ、

$$S = \frac{200 \cdot G}{2 \times 60} \times \frac{1}{f} = \frac{5}{3} \cdot \frac{G}{f} \text{ (mm)} \dots (1)$$

となる。X線写真の拡大率を m とすれば、被写体上の大きさ S_m と f の関係は

$$S_m = \frac{5}{3} \cdot \frac{G}{m} \cdot \frac{1}{f} \text{ (mm)}$$

となる。

3) 超低周波数分析器

超低周波数分析器は、前置増巾器、積分器、主増巾器、ペン書きオシログラフ等より構成されている。構成図を Fig. 1 に示す。被分析信号はまず前置増巾器を通り、信号の特定周波数成分は周波数選択増巾器が同調することによって選択通過され主増巾器を通つてペン書きオシログラフに描記される。また一方、周波数選択増巾器を出た特定の周波数成分は積分器に入り、その波形の半波整流の積分を行い、あらかじめ設定された時間に

Fig. 1. Block diagram of the Ultra-Low Frequency Analyzer.

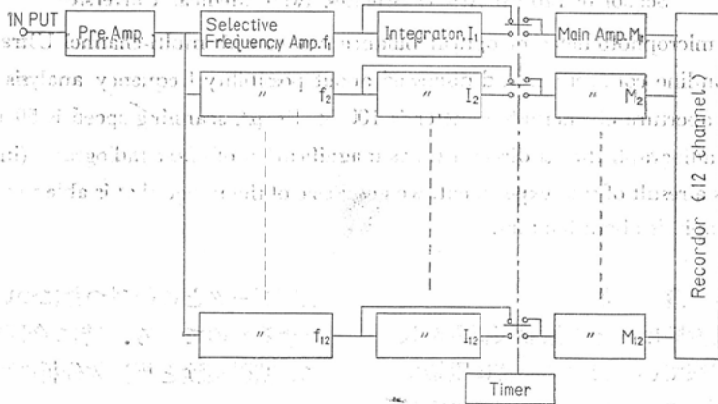


Fig. 2. Characteristic of frequency selective amplifier.

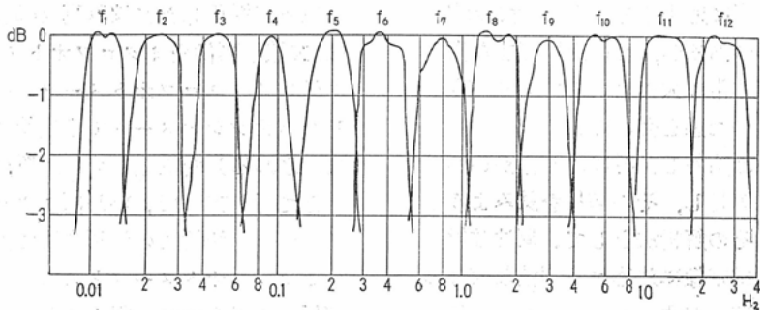


Table 1. Calculated values of $S = \frac{5}{3} \cdot \frac{G}{f}$ (mm) where; f is a Frequency of Selective Amplifier.

Channel No.	Frequency width (Hz)	Center freq. (Hz)	$G = \frac{1}{2}$		$G = \frac{1}{4}$		$G = \frac{1}{8}$	
			S width(mm)	S to center freq. (mm)	S width(mm)	S to center freq. (mm)	S width(mm)	S to center freq. (mm)
1	0.008~0.016	0.0113	100~52	74	52~26	37	26~13	18
2	0.016~0.032	0.0226	52~26	37	26~13	18	13~ 6.5	9.2
3	0.032~0.064	0.0451	26~13	18	13~ 6.5	9.2	6.5~ 3.3	4.6
4	0.064~0.128	0.0903	13~ 6.5	9.2	6.5~ 3.3	4.6	3.3~ 1.7	2.4
5	0.128~0.25	0.181	6.5~ 3.3	4.6	3.3~ 1.7	2.4	1.7~0.83	1.2
6	0.25~0.50	0.352	3.3~ 1.7	2.4	1.7~0.83	1.2	0.83~0.42	0.59
7	0.50~ 1.0	0.705	1.7~0.83	1.2	0.83~0.42	0.59	0.42~0.21	0.30
8	1.0~ 2.0	1.41	0.83~0.42	0.59	0.42~0.21	0.30	0.21~0.11	0.15
9	2.0~ 4.0	2.82	0.42~0.21	0.30	0.21~0.11	0.15	0.11~0.052	0.074
10	4.0~ 8.0	5.64	0.21~0.11	0.15	0.11~0.052	0.074	0.052~0.026	0.037
11	8.0~16	11.2	0.11~0.052	0.074	0.052~0.026	0.037	0.026~0.013	0.019
12	16~32	22.5	0.052~0.026	0.037	0.026~0.013	0.019	0.013~0.0065	0.0093

その積分値を各チャンネルとも同時に記録表示される。本装置は周波数選択増巾器、積分器、主増巾器、ペン書きオシログラフと各12チャンネルを持っており、被分析信号のあらゆる周波数成分を同時に求めることが出来るマルチチャンネル周波数分析装置であり、一たん信号を磁気テープ等に記録し、くりかえし周波数分析器に入れる等の必要がないことが大きな特徴である。つぎに各周波数選択増巾器の通過帯減巾は1オクターブで、臨界周波数での減衰量は-3dBである。その特性を Fig. 2に示す。周波数選択増巾器の通過帯域およびそれに対応する film 上での像の大きさを式 (1)で求め、table 1に示す。

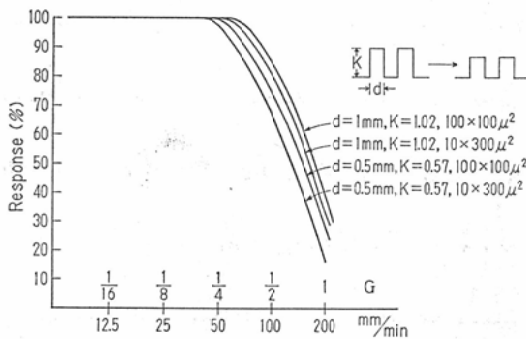
III. 基礎実験の結果及び検討

1) ミクロフォトメータの scan. speed と slit apertur の大きさはX線写真像の周波数解析を行う場合の周波数特性を左右する因子の一つである。つまり scan. speed を大きくすれば、ミクロフォトメータの周波数特性もそれに応じて悪くな

るし(光学平衡のため前述のごとく応答が悪い)、slit apertureのスペクトルは、そのフーリエ変換、すなわち標本化関数で与えられ、その最終的な結果は、それらの積の形で与えられる。

空間周波数で、 $\nu = 0.5$ 本/mm ($d = 1$ mm) および1本/mm ($d = 0.5$ mm) のコントラストがそれぞれ、 $k = 1.02, 0.57$ の矩形波チャートを、slit ap-

Fig. 3. Response to scanning speed of micro-photo meter.



erture を $100 \times 100 (\mu^2)$ および $10 \times 300 (\mu^2)$ (10μ は走査方向)で scanning した応答を Fig. 3に示す.

この結果より, もし像の大きさとして 0.5mm の大きさより大きな像を求めるためには, ミクロフオトメータの scan. speed を少なくとも, $50\text{mm}/\text{min}$ ($G=1/4$) 以下とすべきであることが分る. ここで $d=1.0$ および 0.5mm を用いたのは, 後で述べるごとく X線写真像の周波数分析の結果より像の signal として分離出来るのは, 0.6mm 程度であるので, 0.5mm あれば充分であることからである. このことよりミクロフオトメータの scan. speed を $G=1/4$ の $50\text{mm}/\text{min}$. を採用した.

一方, slit aperture は, 二次元像の X線写真像を scanning するので, 出来るだけ小さい円形ま

Fig. 4. Example of analysis waveform, channel No. 1; Original density curve (sensitivity $1/2$), channel No. 2~10; Frequency analysis waveform (sensitivity 1)

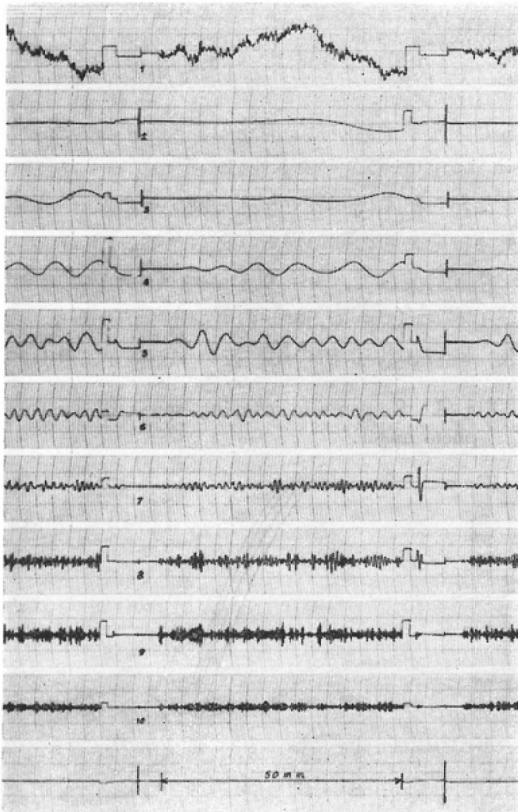


Fig. 5. Example 1, Spectrum of direct 4 time chest radiograph.

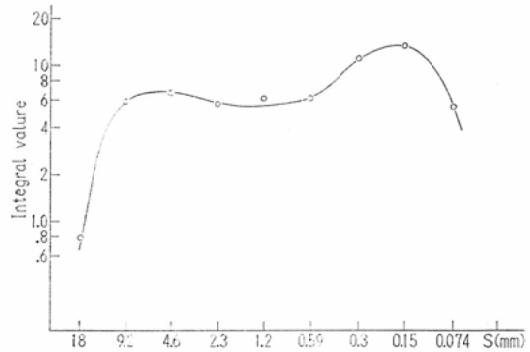
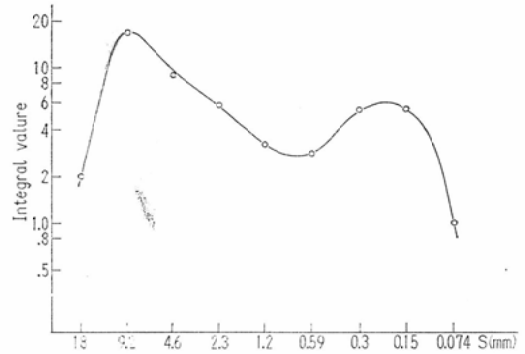


Fig. 6. Example, 2, Spectrum of direct 4 time chest radiograph.



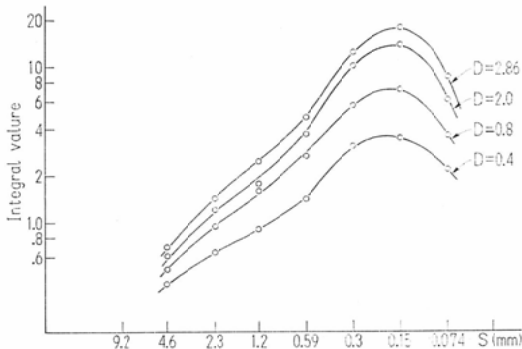
たは角形が良い. 前出の scan. speed を求める際と同じように 0.5mm 以上の像が分ればよいとすれば, slit aperture の大きさは, $100 \times 100\mu^2$ で充分である.

2) X線写真像の周波数成分と粒状

測定方法はミクロフオトメータの slit aperture を $100 \times 100\mu^2$, scanning speed を $50\text{mm}/\text{min}$. で行い, その濃度信号を直接超低周波分析器に入れ, 各周波数成分を求めた. またその大きさとして, 各成分の半波整流の積分値で表した. まず, 胸部直接4倍拡大写真の肋骨陰影の重なることのない場所を選び, その長さ 50mm を scan することにより, その濃度波形に相当する電圧信号を超低周波分析器に入れて周波数成分を求めた. この例を Fig. 4, スペクトルの分布の例を Fig. 5, 6に示す.

また一方, 粒状の成分は同一撮影系で単に X線

Fig. 7. Spectrum of radiographic mottle; film density is 0.4, 0.8, 2.0 and 2.86.



で露光した film を、マイクロフォトメータも同一条件で scan. してその成分を求めた。その結果を Fig. 7 に示す。

まず film の粒状の周波数成分を示す Fig. 7 の結果より、film 上の大きさで 0.2~0.3mm 程度に最大を示し、これより周波数の小さいもの、すなわち、像の大きさとしては大きいもの程小さい積分値を示す。またこれより小さい像についても、その積分値は小さくなる。また、film の濃度によつては、濃度が 1 以上では、スペクトル分布も変化せず、その積分値もあまり変化しない。しかし濃度が 1 以下になるとそのスペクトル分布の形は変化しないが、各成分の積分値は相対的に小さい値を示している。

胸部直接 4 倍拡大写真の周波数分析例の Fig. 5, 6 のスペクトル分布の大きな特徴は、0.2~0.3mm のところに一つの極大を示し、また 9mm でもう一つの極大を示していることである。この前者の極大は前出の film の粒状によるものと結論され、後者は film 上の像の成分の極大であることがわかる。すなわち、一般に胸部 X 線写真像のスペクトル分布は像の大きさで数 mm のところに極大を持ったスペクトルと、0.2~0.5mm に極大を持った X 線写真の粒状のスペクトルが重なっていることがわかる。この両者のスペクトルの交叉点はほぼ 0.6mm 近辺と思われる。したがつてこの交叉点より大きな成分は像の成分が大きく、これより小さいところでは粒状の成分が大半を占めていることになる。

これら胸部直接 4 倍拡大写真像および粒状の周波数分析例より、像の大きさとして 0.6mm 以下の成分は粒状のスペクトルと同一範囲に入るので分離不可能であり、0.6mm 以上の成分は粒状と分離、可能である。

IV. 考 察

X 線写真の粒状に関する詳細な報告は土井⁹⁾によつて行われており、粒状性の 80~90% は X 線量子のゆらぎであると結論されている。ここで取上げた粒状はこのような粒状の内容を検討するものではなく、X 線写真像の周波数解析を行つた場合にどの程度粒状の成分が含まれ周波数分析の手法で求め得る像の最小の大きさを決定するためのものである。ここで表示した周波数成分の大きさは、film 上で 50mm を scan. して得られた各成分を半波整流し、それを積分して得られた値であり、各周波数の一周期の大きさに相当する積分値ではない。またこの積分器は半波整流を行つているものであるが、これを全波整流に変え、また自乗積分を行えば各成分のエネルギーを得ることが出来ることになる。これは積分器の今後の課題となろう。

また、ここで使用した周波数選択増巾器は 1 オクターブの周波数帯域を持つており、同一増巾器を選択通過する像の大きさにも、おのずからその巾を持ち、それらの和が出力として得られることになる。例えば channel No. 8 の選択増巾器を通過する像の大きさは、 $G=1/4$ で 0.83~0.42mm であり、このうちのどの大きさが通過して得られたものであるか、あるいはいくつかの周波数成分が重なり合つて得られたものか判別することは出来ないことである。この問題は写真上で区別しなければならぬ像の大きさの範囲で決定されるものであり、医師の要求によつて帯減巾を決定すればよい。

また積分値の記録表示は分析波形の最後にその大きさを短形波の高さとしてペン書き、オシログラフで描記されるものであり、その大きさの計測にはその高さを読み取らねばならない。積分値の振れの高さが最大 20mm であることを考慮すれば、積分値の精度を上げることは本法においては困難

である。これは積分器にデジタル積分器を採用し、その結果をタイプ印字することによりある程度解決するように思われる。

ここで求められた分離解析出来る像の大きさが0.6mm近辺であるとすれば、被写体上でどの程度の大きさを識別する必要があるかを医師によつて指適されるならばX線写真の拡大率も已ずから決定される。この報告において使用した写真は4倍拡大であるので、被写体上で周波数分析によつて識別出来る大きさはほぼ0.15mm程度になる。

V. 結 論

光学平衡方式を採用したマイクロフォトメータとマルチチャンネルの超低周波数分析装置とのon-line接続によつてX線写真像の周波数分析の可能性に

ついて検討を加えた。X線写真には胸部4倍拡大写真を使用し、粒状には同一撮影系（増感紙は極光HSを使用）で露光したフィルムを使用した。その結果X線写真に伴う粒状の周波数成分から像の周波数成分として分離出来るのは約0.6mm近辺であることを得た。

文 献

- 1) 土井邦雄, 佐柳和男: 応用物理, 33 (1964), 721.
- 2) 内田勝: 応用物理, 34 (1965), 97.
- 3) 土井邦雄: //, 34 (1965), 190.
- 4) 土井邦雄: //, 34 (1965), 663.
- 5) 土井邦雄: //, 35 (1966), 559.
- 6) 鳥脇純一郎他: 医用電子と生体工学, 5(1967), 182.
- 7) 大上信吾: 応用物理, 29 (1960), 169.
- 8) 土井邦雄, 大頭仁: 応用物理, 35 (1966), 804.