



Title	放射線像の空間周波数スペクトルと像処理
Author(s)	竹中, 栄一
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1971, 31(6), p. 607-611
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/19025">https://hdl.handle.net/11094/19025</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

# 放射線像の空間周波数スペクトルと像処理

東大医学部放射線医学教室

竹 中 栄 一

Spatial Frequency Spectrum and Retrieval of Radiological Images

Ei-ichi Takenaka, M.D., Ph. D.

Department of Radiology, Faculty of Medicine, University of Tokyo

Research Code No : 207

Key Words : Computer Radiologic image Spatial spectrum,

Roentgen diagnosis is done in a kind of pattern recognition. A radiologic image is an intensity distribution of photons, contains quantum noises and necessitates complicated systems in order to be observable. To know the spatial frequency spectra of radiologic images has the following meanings. (1) It is one of the most important characteristics of pattern recognition. (2) It is an important factor necessary to preliminarily treat with pattern recognition. It is necessary to extract characteristics, select observing points, remove noises, quantamize and normalize. (3) It is a scale of quantitative diagnosis. Spatial frequency spectrum can catch the structural characteristics of objects, excellently different from many other scales. It is an input information in various complex radiologic imaging systems. Spatial frequency spectra of radiographic images were obtained by the use of the following methods. Results measured were reported.

Methods 1) Spatial frequency analyzer. A flying spot scanner with scanning triangular wave scans direct radiographs; the scanned transmitted light is changed into electric signals by a photomultiplier; its signals are displayed on an oscilloscope as a spatial frequency spectrum. Range measured is 0.025 to 1.75 lines/mm. 2) Fraunhofer's diffraction. The parallel beam of He-Ne gas LASER is diffracted by miniified radiographic image and displayed on the focal plane of condenser lens. Amplitude distribution of this diffracted image is corresponded to Fourier transformation of the intensity distribution of an input image. 3) Digital computer. Film density distribution is changed into radiologic intensity one and Fourier-transformed by means of digital computer using Filon's methods. Its spectra are off-line-ly obtained and one-dimensional.

Discussion and conclusion 1) Whichever method may be used, the obtained spectra must be evaluated taking account of numbers of sampling points, sampling interval, anatomical location, anatomical-physiological influence on the intensity distribution of photons. False spectra must be removed. Digital computer is troublesome to calculate two dimensional spectra. Analogue computer gives spectra simply and rapidly, excellent in lower frequency spectra. Fraunhofer's diffraction can give two-dimensional spectra instantly and the improved images by filtering. High frequency spectra are excellent. (2) Quantitative diagnosis can be done from the point of frequency spectra. Aging of shadows in lung field and trabecular structure of the bone were compared with one another, respectively. Shadows of diffuse and disseminated lung diseases were so, too, such as miliar tuberculosis, fat embolism and metastatic carcinosis of the thyroid cancer. The types of liver angiograms were so, too, such as hepatoma, normal liver

and liver cysts. (3) The frequency spectra of radioisotope scintigrams are consisted of spectra of dots, quantum noises, scanning line space and radioisotope intensity distribution. The spectra of dots and scanning line space are completely removed by the use of filtering. But quantum noises live in radioisotope signals themselves and are not completely extracted. By the use of filtering technique, improved radioisotope images can be obtained with no dot and no scanning line pace, but slight quantum noises. Moreover, diagnostically important spatial spectral domain can be theoretically enhanced.

### 1. 空間周波数スペクトルの意義

放射線診断は体内臓器のあるものの診断には決定的役割を演ずるが、主観的であり、定量的でない。放射線診断は像の診断としては医学の他分野の超音波図、サーモグラフィー、組織標本診断などと同様に一種のパターン認識に属する。また放射線像は1) 人体透過放射線光子の空間分布であり、2) 情報信号そのものが雑音を含み（量子雑音）、3) 可知覚像とするためには、被曝量の減少と相まって複雑なディスプレーシステムが必要である。これらの点から考えると、放射線像の空間周波数スペクトルを知ることは次のような意義を有する。

- 1) パターン認識の1つの重要な特徴
- 2) パターン認識の予備処理に必要な重要な因子

一般的に言えば特徴の抽出や観測点の選択を行う前に、雑音の除去、量子化、規格化（位置、大きさ、方向などについて）を行なうにはその空間周波数スペクトルを知ることは極めて大切である。

3) 定量診断の1つの評価尺度。従来からX線像の定量診断にはX線強度分布（一次元、二次元、時間的）、およびその一次二次モーメント、微分像が主に使われていたが、標準分布との変動差またはその自乗値、自己相関関数、相互相関関数も有力な評価尺度であり、またはX線像の変化は透過X線強度分布の変化ゆえ、空間周波数スペクトルとして容易に測定可能で、この点からX線像を評価できる。特定振巾の周波数、特定周波数の振巾、理想スペクトルとの偏差、一次、二次MTFモーメント、自乗値、エントロピーなどが具体的に使用できる。

4) 各種の複雑な放射線検出提示系の入力情報として、これらの複雑な系の総合的レスポンスや系の個々の構成要素のレスポンス関数、雑音スペクトルなどの相互関係に必要である。

著者は空間周波数スペクトルを一種のアナログ・コンピューターたる周波数解析機、He-Neガスレーザー使用フランホーファー回析装置、デジタル・コンピューターを用いて、臨床的なX線像について測定した結果について報告する。

### 3. 測定方法

1) 空間周波数解析機（図1）。直接X線写真をフライング・スポット・スキヤナーで三角波走査し、光電子増倍管でその走査光を電気信号に変換増幅し、特殊な周波数分析機で周波数分析し、オッショ表示しポラロイドカメラで撮影した。測定範囲は0.025～1.75本対/mm。

2) フランホーファー回析装置（He-Neガスレーザー光源）（図2）。コリメーターレンズを通してHe-Neガスレーザー光（λ=6328Å）が、縮少X線像（35mm）により回析され、コンデンサーレンズの集点面で回析像として直視できる。この回析像の振布分布は入力像の強度分布のフーリエ変換に対応する。

3) デジタル・コンピューター。X線像をミクロフォトメータで走査した濃度分布を強度分布に変換し、これをフーリエ変換する。オフ・ラインで一次元で求めているが、未だ臨床的に使えない（図3）。

### 3. 考案及び結論

1) 3方法の比較を表Iに示す。何れの方法にしてもサンプリング点数、サンプリング範囲、測定部位（再現性のよいX線解剖学的特異点）、解剖学的生理学的X線透過強度分布のスペクトルへの影

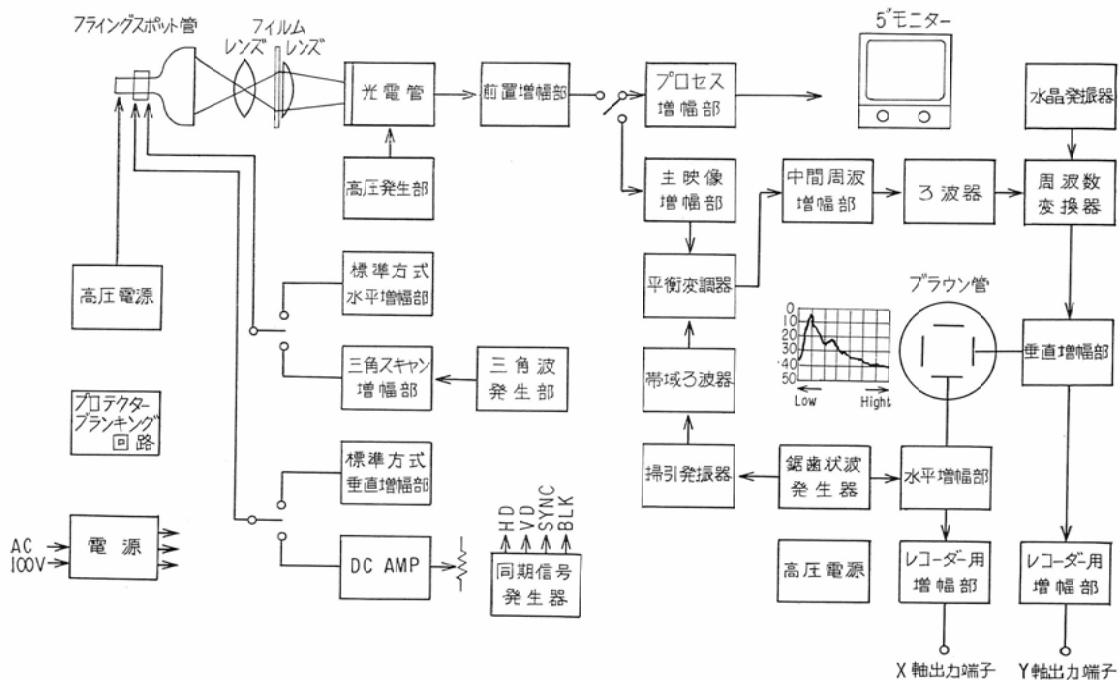


図1 X線フィルム像・スペクトラム・アナライザの系統図

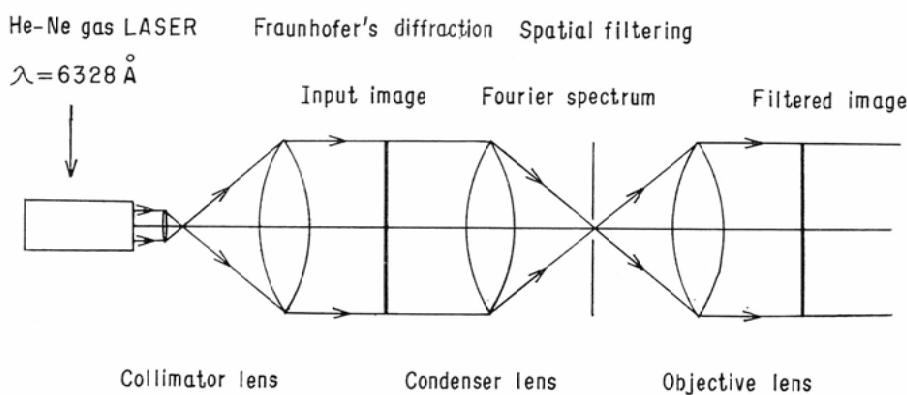


図2 Apparatus for improvement of image

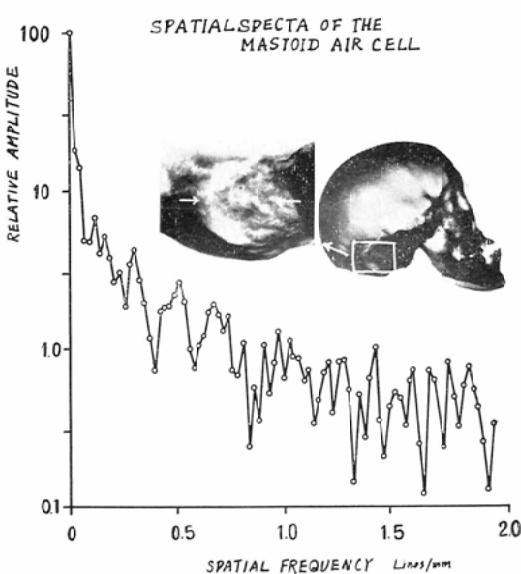


図3 ディジタルコンピューターによる空間周波数スペクトル

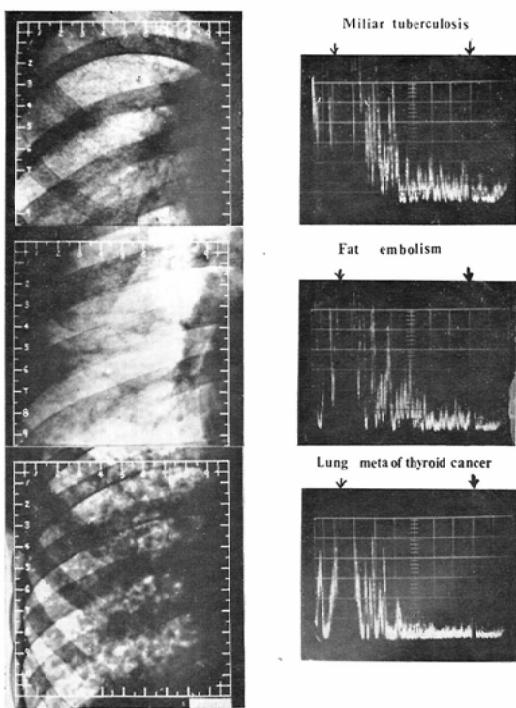


図4 肺X線像の空間周波数スペクトル  
アナコンによる一次元スペクトル(体軸方向5—6間)。スペクトル図の矢印は0点と1.25本/mm点を示す

表1 空間周波数スペクトル測定方法の比較

	デジタルコンピューター	アナログコンピューター	光学変換(フラウンホーファー)
スペクトル	二次元困難	二次元困難	一次、二次可
測定範囲	任意、但し補正要	制限	縮少像で
測定周波数	任意	低周波によい	高周波によい
測定部位	制限	制限	制限少ない
測定点の設定	きびしく	きびしく	簡単にできる
直接像とのon line	むつかしい	可	むつかしい
ファイルリングと再生像	二次は面倒	二次むつかしい、	容易
臨床的	使いにくい	X線写真によい	R I用によい

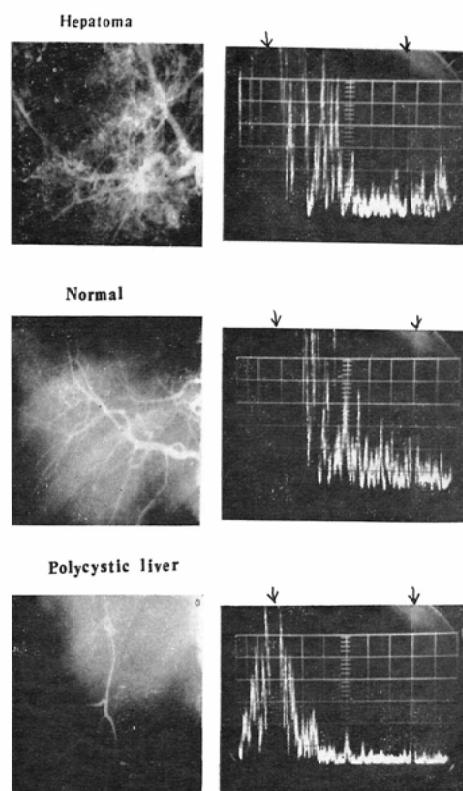


図5 肝血管撮影像の空間周波数スペクトル

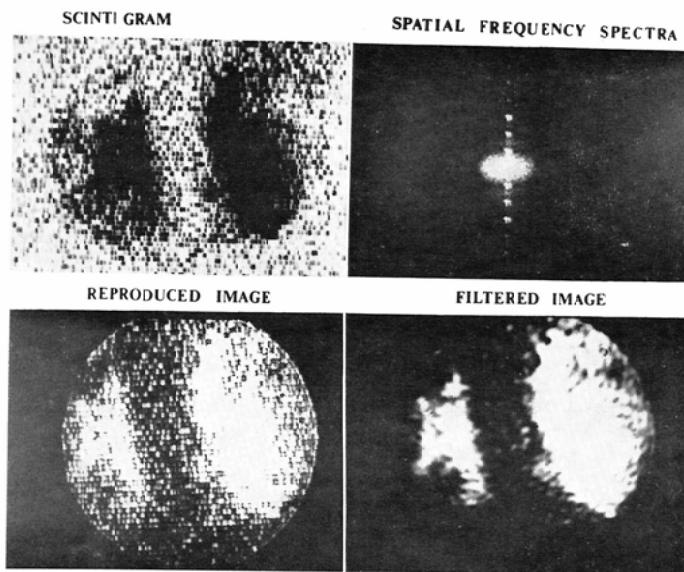


図6 腎R I シンチグラムのフーリエ・スペクトルと再生像および帯域制限像  
フーリエ・スペクトルの上下に高次にのびてるのはスキヤン間隔スペクトル、中心の矩形、上下左右のうすい矩形スペクトルは打点( $1 \times 2$  mm)スペクトル、量子雑音スペクトルとR I 像スペクトルがそれらの上にのせている。帯域制限は中心の0次近傍のみで再生した。

響について、いつも考察し、欲する像のスペクトルであることを確認しなければならない。

2) 空間周波数スペクトルの点からX線像を見ることで一種の定量診断が可能であり、かつスペクトル面上で像処理を行うのは簡単である。

3) 正常肺の肺紋理の年令変動、正常骨染構造の年令変化をスペクトル領域で比較できた。

4) ビマン性撒布型肺疾患—（甲状腺癌肺転移、脂肪栓塞、粟粒結核、Wabellung、肺野型ザルコイド、鞆皮症など）肝血管撮影（原発性肝癌、正常肝、囊腫肝）などをスペクトル面で定量的に比較できた。

5) R I シンチグラムおよびシンチカメラ像は極めて低周波領域のスペクトルを有し量子雑音が多いので、1) 3) の方法より2) のフラウンホーファー法による二次元像が有効である。殊にシ

ンチグラムではR I 分布スペクトル、打点スペクトル、ライン間隔スペクトル、量子雑音スペクトルと分離しやすいので、打点、走査線がなく、量子雑音の少ない像を空間周波数スペクトル面でフィルタリングにより得ることができた。将来極めて有用と思える。

#### 参考文献

- 1) 竹中,木下: R I I 研究会記事, 27 (1971). 24.
- 2) K. Kinoshita: NHK Technical Monograph 3 (1964), 1-36.
- 3) 辻内: 光学変換, 印刷工学上 (1970). 155.
- 4) H. Schober: XII ICR, (1969), 121.
- 5) E. Takenaka and K. Kinoshita: XII ICR, (1969), 122.
- 6) H.C. Becker, P.H. Meyers and C.M. Nice, Jr.: VII IC Bio-Medical Engineering, (1967) 112.