〔第10回放射線技術シンポジウム〕

10. 拡大ステレオシステムの諸問題

九州大学医学部附属病院放射線部

東 丸 廣 文・安 河 内 恭 輔・馬 場 仁

新 開 英 秀・森 山 有 相

Key Words: Magnified stereoscopic radiography, Focal MTF, Vibration, Noise, System

PROBLEMS ON THE MAGNIFIED STEREOSCOPIC SYSTEM

HIROHUMI HIGASHIMARU, KYOSUKE YASUKOHCHI, HITOSHI BABA,
EISYUH SHINKAI and YUHSUKE MORIYAMA

Summary

Focal MTF and resolution on the pendulum shift of the X-ray focal system was evaluated and measured as regards vibration and noise on a 17,000 round per minit (rpm) tube and compared with those on the 10,000 rpm one. Also, the refomation of collimation and the AOT system, etc. are describead.

1. はじめに

近年、各社より様々な拡大ステレオシステムが開発されている。当院のシステムでは、拡大ステレオバイプレーン撮影機構をはじめ、コンタクトステレオ、I.I. 間接撮影等多くの機能を備え、また、0.2 mm 焦点で 12 kW の出力を出せるなど多くの長所をもつ反面、下記の通り幾つかの問題点もある。

- (1) 振子移動による焦点のレスポンスの低下
- (2) 高速回転による振動、騒音の影響
- (3) 機構および構造上の問題点
- (4) 設計思想による相違点
- (5) 理論的なもの（焦点間距離）

これらのうち、(1), (2)を中心に検討した。

2. 装置構成

○高電圧発生装置、制御装置：シーメンス、パンドロス、オペチマチック

○X線管装置：シーメンス OPT1 110/12/50HSG

○フィルムチェンジャ：AOT-S

3. 方法、結果および考察

3.1 0.2 mm 焦点の MTF

0.2 mm 焦点の MTF をスリット法により求めた。スリットは 0.05 mmPb 厚、0.05 mm 幅のものをを用い、2 倍拡大で撮影した。撮影条件は 77 kV, 64 mAs にて Scan する時の aperture は $100\ \mu\text{m} \times 1000\ \mu\text{m}$ 、サンプリング間隔は $5\ \mu\text{m}$ とした。測定位置については下記の 5 点とした。①X線照射野中心 (Center), ②陰極側 (Cathode), ③陽極側 (Anode), ④焦点移動方向 (Left とする), ⑤④の反対位置 (Right とする) 以上②～⑤については、フィルム上で Center より 15 cm 離れた点を測定点とした。Fig. 1 は焦点を Left 側に 12.5 mm 移動した時の fa 方向 (X線管軸と平行方向) の変化である。破線は焦点を移動させない時、すなわち X線管の中心にある時の MTF である。破線と実線の差があまり認められないことから、

Fig. 1. MTF on 0.2 mm focal (f_a).
The differences of focal shift to left.

Fig. 2. MTF on 0.2 mm focal (f_b).
The differences of focal shift to left.

振子移動による f_a 方向の MTF の低下は少ないことがわかる。一方、 f_b 方向 (X線管軸に垂直方向) においては、その差は顕著であり、焦点を振ることによって MTF は大きく影響を受ける (Fig. 2)。すなわち、焦点を左に振ると左側の MTF はあまり変化せず、右側ほど低下する。これは焦点を左へ振ることによって左右方向の歪みが大きくなったためと考えられる。

3.2 チャートによる総合解像度

0.2 mm 焦点で X線テストチャート (Kyokko Typ 2 Nr. 26145 1.0~4.86 LP/mm 厚さ $d=0.05$ mmPb, 公比 1.11, Typ 1 Nr. 22546 0.5~10 LP/mm 厚さ $d=0.05$

Fig. 3. The compare of resolution by the chart
(2 times magnified).
(): the resolution of focal shifted.

mmPb) を 2 倍拡大で撮影。フィルム Fuji RXO, 増感紙 Fuji G-4, grid $\ominus$ 。結果を Fig. 3 に示した。上段の値は焦点が中心位置にあるとき、下段の () は焦点を振った時である。焦点を振ることによる影響は f_a 方向では認められないが、 f_b 方向ではかなり大きい。例えば焦点を左に振ったとすると右側の f_b 方向の解像度は極端に悪くなり、その差は公比 1.11 のチャートで 5 段階にもおよぶ。一方、陰極側と陽極側とでは焦点移動に関係なく f_a 方向でかなりの差が認められる。これは陽極の target 角度が 10° であることが影響していると考えられる。

3.3 高速回転による振動の影響

振動計はリオン VM-20A を使用。振動のピックアップはマグネットを用い、最大変位量を求めた。X線管は 3 倍回転および 6 倍回転について測定し比較した (Table 1)。両者の差はわずかで、6 倍回転による画質の低下はないものとする。以前使用していた拡大用 X線管装置 (Siemens Bi 125/3/50, 3 倍回転) の振動は $8 \mu\text{m}$ 程度であったことを考えると、相対的に最大変位量は小さくなっており、これは現在の保持装置 (Siemens 社製 3DM) の固有振動に対する対策が明確になっていたためと考えられる。

3.4 高速回転による騒音の影響

Table 1. Compare of deviation of vibrations.

X 線管装置	陽極回転数	peak to peak Max. μm	
		a	b
OPTI 110/12/50HSG	17,000 r.p.m	1.7	1.9
OPTI 150/40/72C	10,000 r.p.m	1.5	1.3

a: parallel to longitude.

b: vertical to longitude.

Fig. 4. Noise from X-ray tube.
(): C Mode.

騒音計はリオン NA-09 を使用。測定は A, C の 2 特性で行った (Fig. 4)。6 倍回転では 3 倍回転に比べて 5~10 ホン程度高くなっている。また、Biplane 撮影時には 75 ホン以上となり患者にとっては不安を増長させる大きな一因になっていると思われる。

一方、A 特性と C 特性の差は 6 倍回転でほとんどないが、これは高調波成分が多いことによる。

3.5 機構および構造上の問題点

Fig. 5 A, B は Collimation 機構を図示したものであるが、コリメータの先端に取り付けられた遮蔽板が X 線管焦点の移動に同期して連動的に動き、余分な X 線をカットするようになっている。しかし、フィルム上の照射野を基準に遮蔽するため、C に示す黒い部分 (ステレオ視できない部分) のカットができない。これはステレオ用コリメータの現製品全般について言えることであるが、ステレオ視できる被写体範囲を基準に考え、C に示す黒

Fig. 5. Refomation of collimation and AOT system.

い部分の X 線カットができる機構が望まれる。また、D に示すようにステレオ視できる範囲を大きくするためには、フィルムの位置をずらして連続撮影ができるような AOT に対する機構的な改善が必要と考える。この高速連続撮影装置の改善は焦点間距離を現在の 2.5 cm から 3~4 cm と大きくした場合にも有効である。

さらに、構造上の問題として焦点外 X 線の遮蔽法が挙げられる。これも拡大ステレオ用 X 線管装置全般について言えることであるが、X 線管軸に対して垂直方向の遮蔽が難しいが、本装置の場合、焦点移動に同期して焦点外 X 線を遮蔽する機構の設置が望まれる。また、本装置で大焦点 (0.6 mm) に切換え密着撮影する場合などには特に問題があると考ええる。

3.6 設計思想による問題点

本システムでは、kV 調整器、mAs 調整器共 tap 式になっているが、1 tap 切換えることにより濃度が最高 0.5~0.6 程度変化する場合もあり、濃度の微調整が困難な場合が少なくない (Fig. 6)。この調整器は 1 tap で出力が 25% 程度変化するように設計されているとの事であるが、もう少し出力変化幅の少ない機構を望みたい。

3.7 理論的なもの (焦点間距離) について

焦点移動距離 25 mm は土井理論¹⁾に基づくものであるが、実際撮影したフィルムを 2 枚並べて立体視してみると奥行きが浅く感じられる。これは長谷川²⁾らも述べているように視空間にあっては奥行きに差のある 2 点間をみる時、正面から見た 2 点間が広がる程その奥行き感減少するためである。今、焦点間距離 2.5 cm、撮影距離 100 cm で拡大率 2 倍、瞳の左右距離 6.0 cm、観察距離 60 cm とすると、被写体の奥行き 10 cm のものは何 cm にステレオ視されるかを土井理論に基づく式より求めると 11.1 cm となる。すなわち、計算上はコンタクト

Fig. 6. Density differences changing kV and mAs regulator.

〔第10回放射線技術シンポジウム〕 10. 拡大ステレオシステムの諸問題（東丸・安河内・馬場・他）

ステレオ撮影の場合とほぼ同一の奥行きとなるのであるが、実際の写真では正面から見た2点間は2倍拡大されて広がっているため、視空間における奥行き感は減少するのである。では至適焦点間距離は何 cm かということになるが、高橋³⁾らが報告しているように4 cm 程度と考える。ただし、2焦点間距離を大きくするとステレオ視できる範囲が狭くなるので、3.5で述べたように何らかの機構的改善が望まれる。

4. 結 語

われわれが使用している拡大ステレオシステムの諸問題について述べたが、本質的な問題としては、焦点移動によるX線管軸に対する垂直方向の極端なレスポンスの低下とステレオ効果の不足があげられる。また、コリメータ、高速連続撮影装置（AOT など）の一貫したシステムの改良・開発が大きな課題である。騒音については、

JIS では機械装置の騒音は65ホンとなっており、改善は必須と思う。kV, mAs 調整器についてはメーカーの思想によるものであり難しい問題と思われるが、日本における装置に対する仕様感覚にマッチした機能・性能の開発を切に望みたい。

稿を終えるに当たり、御指導、御協力を頂いた諸先輩に感謝いたします。

文 献

- 1) Doi, K., Rossmann, K. and Eugene, E. Duda: A new method of cerebral angiography. Radiology, **124**, 394-401, (1977).
- 2) 長谷川正浩, 清水 浩: X線拡大立体撮影について. 日本医放会誌, **42**(5), 429-434, (1982).
- 3) 高橋睦正: 神経放射線診断の新しい方向. 日本医放会誌, **42**(2), 203-222, (1982).