

## Narrow Beam Rotation Radiography の画像形成

川崎医療短期大学 放射線技術科 川崎医科大学附属病院 中央放射線部\*

北 山 彰 真 田 泰 三\* 友 光 達 志\*  
石 井 幸 志\* 日 地 啓 夫 西 村 明 久

(昭和61年8月22日受理)

### Image Formation of Narrow Beam Rotation Radiography

Akira KITAYAMA, Taizo SANADA\*, Tatsushi TOMOMITSU\*,  
Koushi ISHII\*, Hiroo HIJI, Akihisa NISHIMURA

*Department of Radiological Technology, Kawasaki College of Allied Health Professions*

*Department of Radiology\*, Kawasaki Medical School Hospital Kurashiki 701-01, Japan*

*(Received on Aug. 22, 1986)*

**Key words:** Narrow Beam Rotation Radiography, 断層撮影法, Narrow Beam, 拡大率

### 概 要

Narrow Beam Rotation Radiography と断層撮影法の画像形成における相違点を検討した。Narrow Beam Rotation Radiography の画像形成理論には諸説があるが、われわれは独自の画像形成理論という立場で、被写体とフィルムの相対速度および拡大率の変化について検討した結果、断層撮影法では、1) フィルムの形状は被写体(截断中心面)の形状の FFD/FOD 倍の相似形、2) X線束に対するフィルムの移動速度は被写体の移動速度の FFD/FOD 倍、3) フィルムと被写体の回転角速度は同じ、の条件を満足してなければ画像は形成せず、拡大率は1枚のフィルム上のどの場所においても等しいのに対し、Narrow Beam Rotation Radiography では、narrow beam を用いることにより、画像の形成は上記の2)のみを満足すればよく、拡大率は1枚のフィルム上において変化させることが可能である。したがって、Narrow Beam Rotation Radiography の画像形成は独自のものとして考えなければならないという結論を得た。

### 1. はじめに

Narrow Beam Rotation Radiography (細隙回転撮影法、以後 NBRR と略す) は歯顎顔面領域の画像診断によく用いられるが、この NBRR の画像形成理論としては、断層撮影法と同じ<sup>1)</sup>、スリット・スキヤノグラフィと同じ<sup>2)</sup>、独自の画像形成法による<sup>3)</sup>等の諸説がある。

今回われわれは、NBRR の画像形成は独自のものであるという観点から、被写体とフィルムの相対速度および拡大率に着目し、NBRR

と断層撮影法の相違点を明確にしたので報告する。

### 2. 被写体とフィルムの相対速度について

#### 2・1 理論的検討

Fig. 1 は固定管球型の断層撮影装置を真上から示したものである。半径  $R$ 、中心  $O'$  の円の円周上にフィルムを取りつけ、半径  $r$ 、中心  $O$  の被写体円と共に図のように、同方向、同角速度 ( $\omega_t = \omega_0$ ) で回転させる。この時、

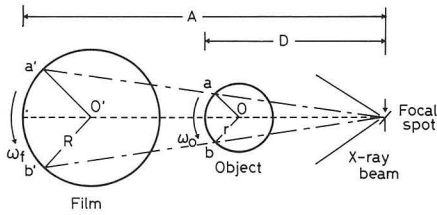


Fig. 1 Diagrammatic representation of tomography. (with stationary tube)  
 $\omega_f = \omega_o$ ,  $R = 2 \cdot r$ ,  $A = 2 \cdot D$ ,  
 $R \cdot \omega_f / r \cdot \omega_o = A / D = 2$   
 A: distance from focal spot to film (FFD)  
 D: distance from focal spot to object (FOD)  
 R: radius of the film path  
 r: radius of the cut section  
 O': rotation axis of the film  
 O: rotation axis of the object  
 $\omega_f$ : angular velocity of the film  
 $\omega_o$ : angular velocity of the object

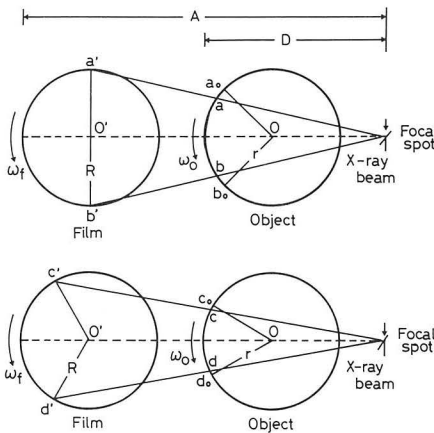


Fig. 2 Diagrammatic representation of NBRR. (with stationary tube)  
 $\omega_f = 2 \cdot \omega_o$ ,  $R = r$ ,  $A = 2 \cdot D$ ,  
 $R \cdot \omega_f / r \cdot \omega_o = A / D = 2$

$$\frac{R \cdot \omega_f}{r \cdot \omega_o} = \frac{A}{D} = M \quad \dots \quad (1)$$

が成立しているなら、中心O、半径rの円周面が截断面となり、画像が形成される。ここで、Mは拡大率である。

次に Fig. 2 のように被写体円の条件を Fig. 1 のものに比べ、半径を2倍、角速度を1/2倍にした場合を考える。この場合においても(1)式は満足されるが、Fig. 2 の上図のようにX線束が広い時には、フィルム円がa'からb'まで180°

回転する間に、被写体円はa<sub>0</sub>からb<sub>0</sub>まで90°回転し、a'には被写体円上のaが、b'にはbが投影されるため、画像には被写体円上でのa<sub>0</sub>a + b<sub>0</sub>bのボケを生じる。しかし、同じ条件でFig. 2の下図のようにX線束を狭くすると、この被写体円上でのボケの大きさはc<sub>0</sub>c + d<sub>0</sub>dと小さくなる。

つまり、このボケの大きさはX線束が広いほど大きいと考えられ、NBRRのように非常に狭いX線束を用いる撮影法では、このボケの大きさは画像形成においては無視できるほど小さいと考えられる。

## 2・2 実験による証明

前述のX線束を狭くすればボケの大きさが画像形成上無視できることを実験において確かめた。

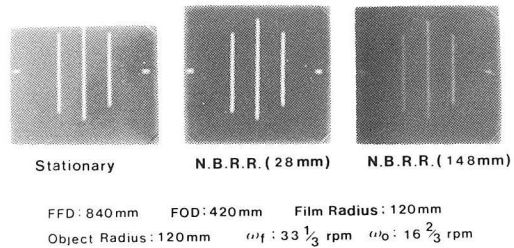


Fig. 3 Test chart images.

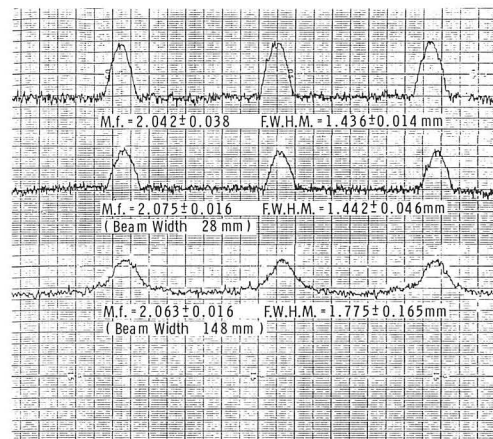


Fig. 4 Microdensitometric scanning curves of the test chart images.  
 M.f.=magnification factor=mean of the peak intervals  
 F.W.H.M.=full width of half maximum of the peak

Fig. 3 はレコードプレイヤーを2台使用し、Fig. 2 と同様の幾何学的配置により、3本の針金を撮影したものである。左より1) ターンテーブルを回転させないで撮影した像、2) ターンテーブルを回転させ、X線束の幅をフィルム上において28mmにして撮影した像、3) 同様にX線束の幅を148mmにして撮影した像である。Fig. 4 はこれらの像をマイクロデンシトメータにより走査させ、得られた結果である。これよりX線束の幅が十分狭い時 (beam width 28 mm) には、前述したボケはほとんど無視してよいが、X線束の幅が大きくなるにしたがい、このボケは無視できなくなることがわかる (beam width 148mm)。

### 2・3 被写体とフィルムの相対速度についての考察

断層撮影法では、Fig. 1 および(1)式からもわかるように、フィルムと被写体 (截断中心面) との間に、1) フィルムの形状は被写体の形状の FFD/FOD 倍の相似形、2) X線束に対するフィルムの移動速度は被写体の移動速度の FFD/FOD 倍、3) フィルムと被写体の回転角速度は同じ、の関係が必要である。一方、NBRR では、幅の狭いX線束を用いることにより、上記の2) の条件のみ満足すれば画像が形成されることがわかった。このことから、NBRR ではフィルムの形状に関係なく任意の形状の截断面が得られることが理解できる。

## 3. 拡大率について

### 3・1 理論的検討

断層撮影法では、撮影中にX線束回転中心およびX線束に対する被写体の速度とフィルムの速度の比を変化できないため、拡大率は、

$$M = \frac{A}{D} \quad \dots\dots\dots (2)$$

で示され、1枚のフィルム上では、どの場所においても一定である。しかし、NBRRでは narrow beam を用いることにより、これらの因子を撮影中に変化させても画像の形成が可能

であり、また実際に歯列などのように平面でない被写体を撮影する場合には、これらの因子の変化が不可欠である。したがって、NBRRの拡大率は(1)式で示され、撮影中にそれぞれの因子が変化することにより、必然的に拡大率も変化し、その結果、1枚のフィルム上の各点における拡大率が異なるということが生じると考えられる。

### 3・2 実験による証明

われわれは、SIEMENS社製 Orthopantomograph Model OP-3 を用いて実験を行った。Model OP-3 は歯列顎関節領域の撮影を目的として開発された装置であり、截断軌道を歯列の形状に合わせるために sliding transition 機構という、撮影中にX線束回転中心が連続的に移動する機構を有している。したがって、sliding transition 時には、これら拡大率に関する諸因子が変化すると考えられる。

次にFig. 5 に示すような Model OP-3 の構造を考慮に入れ、(1)式を変形しX線束回転中心から截断軌道中心面までの距離  $r'$ 、および拡大率  $M$  を求める式を導くと、

$$r' = \frac{\frac{\omega_f}{\omega_0} \cdot R \cdot B}{A - \frac{\omega_f}{\omega_0} \cdot R} \quad \dots\dots\dots (3)$$

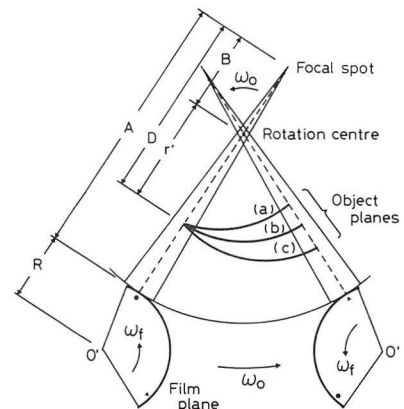


Fig. 5 Principle of variation of magnification factor by Model OP-3.  
B: distance from focal spot to the X-ray rotation centre  
 $r'$ : distance from the X-ray rotation centre to the cut section

$$M = \frac{A - \frac{\omega_f}{\omega_0} \cdot R}{B} \quad \dots\dots\dots (4)$$

となる。つまり、 $\omega_f/\omega_0$ ,  $R$ ,  $B$  の値が撮影中に大きくなれば、 $r'$  もそれにつれて大きくなり、截断軌道中心面は Fig. 5 の(c) のように外側へとふくらみ、その結果、拡大率が減少すると考えられる。

Fig. 6 は Model OP-3 の N position ( $AL=28\text{mm}$ ) および S position ( $AL=57\text{mm}$ ) のときの拡大率の変化のようすを截断軌道全域にわたり示したものである。実線は、われわれが

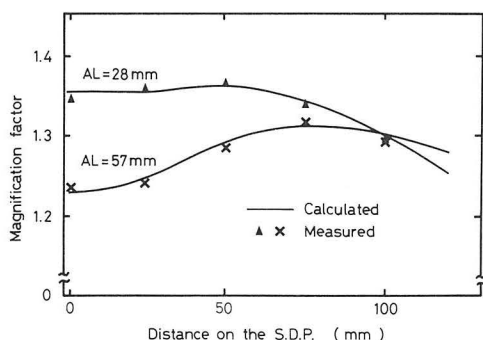


Fig. 6 Variation of magnification factor by Model OP-3. (obtained from calculated and measured)

開発した Model OP-3 の截断軌道計算法<sup>4)</sup>を用い、ミニコンピュータで求めた値であり、▲, ×の点はX線テストチャートを截断軌道中心面上に置き、実際に撮影したフィルムより求めた値である。なお、Fig. 6 の横軸は截断軌道中心面上における前歯部中央からの距離である。これにより NBRR を行う Model OP-3 では、拡大率が截断軌道全域にわたり連続的に変化しているのがわかる。

### 3・3 拡大率についての考察

断層撮影法では、撮影中にX線回転中心およびX線束に対する被写体とフィルムの速度の比を変化できないため、拡大率は変化しない。しかし、NBRR では narrow beam を用いることにより、撮影中にこれらの因子を変化させ、画像を形成することが可能であり、特に歯列を

撮影する場合には、これらの因子の変化による截断面の移動が不可欠である。そして、そうすることにより1枚のフィルム上での拡大率の変化が必然的に生じることがわかった。

## 4. 結 論

NBRR の画像形成について断層撮影法と比較した結果、これらいずれの撮影法も、X線束、被写体、およびフィルムが相対的に運動するため、画像形成の条件としては共通するものもある。しかし、もっとも大きな違いは、断層撮影法は broad beam を用いるのに対し、NBRR は narrow beam を用いるところにある。そして、これにより NBRR は、撮影中のX線束回転中心の移動とか、X線束に対する被写体とフィルムの相対速度比の変化が可能となり、NBRR の画像形成条件を断層撮影法におけるものよりも、ずい分自由に行っている。また、このことが断層撮影法では絶対に起こり得ない、1枚のフィルム上での拡大率の変化というものを、NBRR に生じさせている。

以上より、NBRR の画像形成理論は、断層撮影法のものとは異なる、独自のものとして考えていかなければならないと結論する。

## 文 献

- 1) 大橋俊夫, 他: Panoramic Tomographyの画像成立について. 日放技学誌, 41 (3), 415-420, (1985)
- 2) 西原平八, 他: いわゆるオルソパントモグラフィーの像成立原理に関する研究. 歯放, 19, 39-46, (1979)
- 3) Welandar U: Layer formation in narrow beam rotation radiography. Acta Radiol. Diagnosis, 16, 529-540, (1975)
- 4) 真田泰三, 他: Orthopantomograph Model OP-3の截断軌道計算法に関する考察. 日放技学誌, 42 (4), 525-530, (1986)