

## 散乱X線除去用グリッドが骨梁像の画像解析に及ぼす影響

北山 彰<sup>1</sup>, 林 明子<sup>1</sup>, 天野 貴司<sup>1</sup>  
 荒尾 信一<sup>1</sup>, 原内 一<sup>1</sup>, 友光 達志<sup>2</sup>  
 曾根 照喜<sup>3</sup>, 福永 仁夫<sup>3</sup>

### Effects of Anti-scatter Grids on Image Analysis of Trabeculae

Akira KITAYAMA<sup>1</sup>, Akiko HAYASHI<sup>1</sup>, Takashi AMANO<sup>1</sup>  
 Shinichi ARAO<sup>1</sup>, Hajime HARAUCHI<sup>1</sup>, Tatsushi TOMOMITSU<sup>2</sup>  
 Teruki SONE<sup>3</sup>, and Masao FUKUNAGA<sup>3</sup>

キーワード：骨梁, 画像解析, 散乱X線除去用グリッド, 筋強調フィルタ法, 骨粗鬆症

#### 概 要

骨X線写真を用いた骨梁の構造解析において、X線撮影時に使用した散乱X線除去用グリッドの鉛箔構造がX線写真上に細かい縞目模様となって描出された場合、その描出状態によっては、骨梁の解析値に影響を与えることが予測される。そこで我々は、骨梁像と重なって描出される散乱X線除去用グリッドの鉛箔像が、X線写真を用いた骨梁の本数計測に及ぼす影響について検討した。

その結果、視覚による計測では、散乱X線除去用グリッドの鉛箔像の描出は計測値に影響を与えなかったのに対し、コンピュータを用いた自動計測では、グリッドの鉛箔像の描出によって、計測値が大きく変動することがわかった。

よって、X線写真を用いた骨梁の構造解析では、解析法によっては、撮影時に使用した散乱X線除去用グリッドがX線写真上に描出されているか否かを十分に考慮する必要があると考えられた。

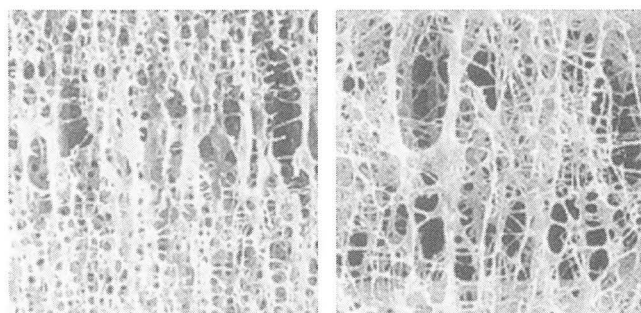
#### 1. 緒 言

近年、わが国では高齢化社会の到来とともに加齢に伴う退行性疾患が増加している。なかでも骨の退行性疾患の一つである骨粗鬆症の患者数の増加は顕著なものがあり<sup>1</sup>、その予防や治療は医学的のみならず、社会的にも強く要望されている。

図1に健全な椎体断面と骨粗鬆症の椎体断面の骨梁構造の比較を示すが、これらの違いからわかるとおり、骨粗鬆症とは骨量の減少と骨の微細構造の劣化によって骨強度が脆弱化し、その結果、骨折を起こし易くなった全身性の骨疾患と定義されている<sup>3</sup>。骨粗鬆症の診断、予防および治療の導入には、骨強度を定量的に計測することが重要であり、現在、骨強度の判定には、骨密

度測定と同時に、骨梁の構造解析法が種々、試みられている<sup>4,5</sup>。

骨X線写真を用いた骨梁の構造解析では、骨梁の本数、太さ、分布密度、構造の複雑さなどが定量的に解析されるが<sup>4,6,7</sup>、X線撮影時に使用された散乱X線除去用グリッドの鉛箔構造がX線写真上に細かい縞目模様となって描出された場合には、その縞目模様の描出状



[健全例]

[骨粗鬆症例]

図1 健全例と骨粗鬆症例の椎体断面の骨梁構造の比較(文献<sup>2</sup>より)  
 健全例では骨梁の構造は太く分布は密であるが、骨粗鬆症例の骨梁は細く分布は粗であり、穴空き構造が目立つ。

(平成17年10月3日受理)

<sup>1</sup>川崎医療短期大学 放射線技術科, <sup>2</sup>川崎医科大学附属病院 中央放射線部, <sup>3</sup>川崎医科大学 核医学教室

<sup>1</sup>Department of Radiological Technology, Kawasaki College of Allied Health Professions

<sup>2</sup>Department of Radiology, Kawasaki Medical School Hospital

<sup>3</sup>Department of Nuclear Medicine, Kawasaki Medical School

態によって、様々な解析値が影響を受けることが予測される。

よって今回我々は、X線写真を用いた骨梁の構造解析のうち、骨梁の本数を計測する解析において、散乱X線除去用グリッドの鉛箔像が骨梁像と重なって描出されたときの解析値に与える影響について検討した。

## 2. 対象および方法

対象には52歳から81歳女性（腰椎骨密度値：0.465～0.931 g/cm<sup>2</sup>）5例の大腿骨頸部X線画像（大腿骨頸部写真濃度：1.0～1.1）を用いた。そのうちの1例は、明らかに散乱X線除去用グリッドの鉛箔像が細かな縞目模様として骨梁像と重なってX線写真上に描出されているものを使用した。

図2に実験の手順を示す。大腿骨頸部X線画像はフィルムデジタイザ(LD-4500；コニカ)を用いて、標準化0.1mm、量子化8bitにてデジタル化され、画像データがパーソナルコンピュータ(Macintosh 7300/180；Apple)に取り込まれた。そして、大腿骨頸部最狭部に主抗圧骨梁を基線とする10×26mmの関心領域を設定して(図3)、骨梁の走行が垂直方向となるように角度補正を行なった。

骨梁の本数計測は、コンピュータを用いた自動計測と観察者による視覚測定で行なった。コンピュータの自動計測では、骨梁像を筋強調フィルタ法<sup>8)</sup>で抽出し、表計算ソフトを用いて計数した。他方、観察者による視覚測定では、3.4倍拡大した画像に、骨梁がもっとも観察しやすいように階調処理を施し、大腿骨骨頭下部の皮質骨と写真濃度および太さがほぼ等しいと認められる主抗圧骨梁像を6名の観察者で計数<sup>9)</sup>した。

2通りの計測法によって計数された骨梁の本数は、被検体の骨強度と関係の深い腰椎骨密度値との相関関係によって比較され、散乱X線除去用グリッドの鉛箔像が描出されたX線写真が対象群に混在することが解析値にどのような影響を及ぼすかを検討した。

なお、画像処理にはパブリックドメインソフト NIH Image Ver. 1.61を、筋の計数には Excel Ver. 5.0 (Microsoft) を使用した。

## 3. 結 果

表1と図4に、2通りの計測法によって計数された骨梁の本数と、それぞれの対象を骨密度測定装置(QDR-2000；Hologic)で測定した腰椎骨密度値、およびそれらの相関関係を示す。

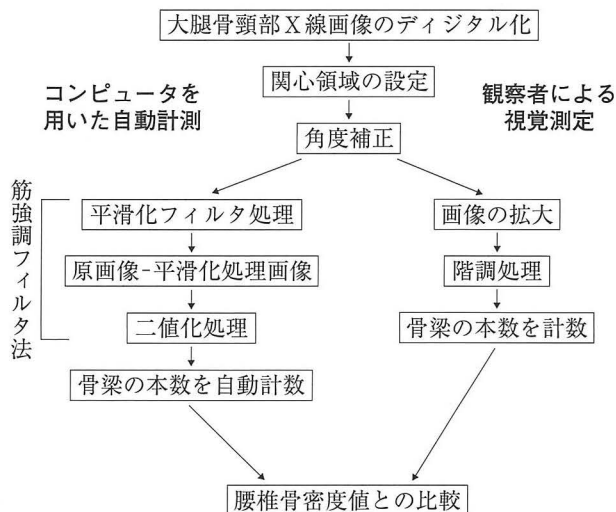


図2 実験の手順  
骨梁の本数計測は、コンピュータを用いた自動計測(左)と観察者による視覚測定(右)の2通りの方法で行った。

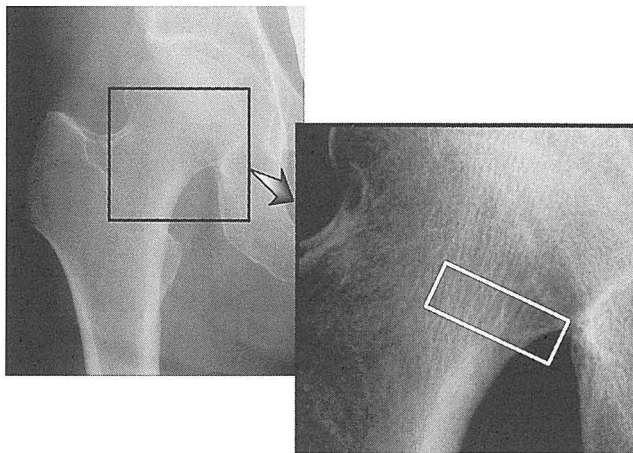


図3 関心領域の設定  
関心領域は大腿骨頸部最狭部に骨梁の走行が垂直方向となるように10×26mmの関心領域(白枠)を設定した。

コンピュータを用いた自動計測法と視覚による評価法では、ともに腰椎骨密度値が高い被検体ほど、計数される骨梁の本数が多い傾向が認められた。

コンピュータを用いた自動計測法で計数された骨梁の本数は、視覚による評価法で計数された本数よりも多く、また、散乱X線除去用グリッドの鉛箔像が描出された画像による測定点が他のものよりも大きく外れたため(表1太字、図4矢印)、腰椎骨密度値との相関関係(相関係数；0.404, P値；0.545)が、視覚による評価法による結果(相関係数；0.683, P値；0.238)よりも低くなり、計測値のばらつきも大きくなった。

表1 2通りの計測法によって計数された骨梁の本数とそれぞれの被検体の腰椎骨密度値、およびそれらの相関関係

被検体 No.	腰椎骨密度 (g/cm <sup>2</sup> )	計数された骨梁の本数	
		コンピュータによる計測法	視覚による計測法
1	0.465	14.4	11.0
2	0.495	15.1	9.7
3	0.694	24.9	9.7
4	0.734	41.2	10.3
5	0.931	19.3	14.0
腰椎骨密度との相関係数		0.404 (P=0.545)	0.683 (P=0.238)

コンピュータによる計測法では、散乱X線除去用グリッドの鉛箔像が描出された被検体(被検体 No. 4)から計数された骨梁の本数(太字)が他のものよりも極端に多くなり、その結果、腰椎骨密度値との相関係数が、視覚による計測法の結果と比較して、低下した。

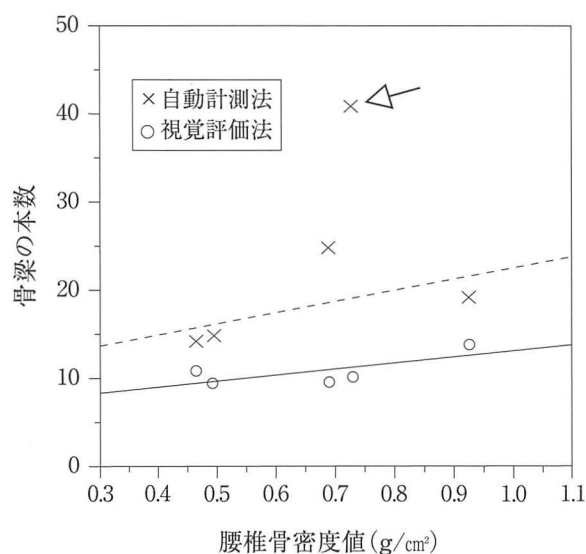


図4 2通りの計測法によって計数された骨梁の本数と被検体の腰椎骨密度値との関係

コンピュータを用いた自動計測法では、計測値が他のものよりも大きく外れる測定点が存在したが(矢印)、これを計測した画像には散乱X線除去用グリッドの鉛箔による縞目模様が認められた。

#### 4. 考 察

腰椎骨密度値が高い被検体ほど、計数される骨梁の本数が増える傾向が認められたが、これは、一定面積内で骨梁の本数が増えると、骨梁の分布密度が高くなり、腰椎骨密度値が高くなった結果であると考えられる。

視覚による評価法で計数された骨梁の本数が、コンピュータを用いた自動計測法で計測された本数よりも少なくなった原因については、コンピュータ画像処理で用いた筋強調フィルタ法の平滑化フィルタサイズに

問題があったと考える。筋強調フィルタ法では、写真濃度のバックグラウンドトレンド除去に平滑化フィルタ処理を用いるが、平滑化フィルタのフィルタサイズが大きい場合には太い骨梁が抽出され、逆にフィルタサイズが小さい場合には細い骨梁が抽出される<sup>8)</sup>。したがって、今回は41×41ピクセルのフィルタサイズを用いたが、これよりも大きいフィルタサイズを用いることによって抽出される骨梁の太さを太くすると、計数される骨梁の本数は少なくなり、コンピュータを用いた自動計測法で計数される骨梁の本数と視覚評価法で計数される本数をほぼ同等にすることができると考える。

コンピュータを用いた自動計測法において、散乱X線除去用グリッドの鉛箔による縞目模様が描出された画像から計測した骨梁の本数が、他のグリッドの鉛箔像が描出されていない画像から計測した本数と比較して、計測値が大きく異なった原因については、描出されたグリッドの縞目模様が、連続する一本の骨梁像を分断し、その結果、計数される骨梁数が多くなったと考えられる。図5および6に散乱X線除去用グリッドの鉛箔による縞目模様が重なって描出された骨梁像と、グリッドの縞目模様が描出されていない骨梁像の比較を示す。グリッドの縞目模様が描出された画像(図5)では、パワースペクトル上でグリッドの鉛箔間隔に相当する空間周波数において強い信号が認められ、骨梁像にグリッドの鉛箔像が重なって描出されていることが確認できる。また、筋強調フィルタ法の適用後画像では、骨梁像がグリッドの鉛箔像によって細かく分断されており、この画像から骨梁の本数を自動計測すると、分断された骨梁像によって、実際の本数よりも多い骨梁の本数が計測されることが予測できる。

散乱X線除去用グリッドには、移動型グリッドと固定型グリッドがあるが、特に固定型グリッドを用いて撮影されたX線写真を用いて骨梁像の画像解析を行なう場合には、グリッドの鉛箔像が骨梁の構造解析値に影響を及ぼす可能性があるため要注意である。また、移動型グリッドを使用した場合でも、撮影のタイミングや短い撮影時間によってはグリッドの鉛箔像がX線写真上に描出されることがあり、同様に注意をする必要があると考える。

#### 5. 結 語

散乱X線除去用グリッドが骨梁像の画像解析に及ぼす影響を検討するために、グリッドの鉛箔による縞目模様が重なって描出された骨梁画像と、グリッドの鉛

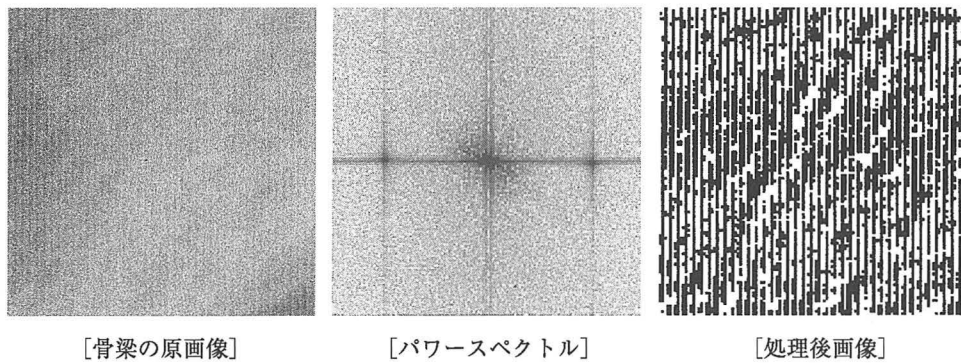


図5 散乱X線除去用グリッドの鉛箔による縞目模様が重なって描出された骨梁像(左)とそのパワースペクトル(中)および筋強調フィルタ法によって抽出された骨梁像(右)

原画像では散乱X線除去用グリッドの鉛箔による縞目模様は目立たないが、そのパワースペクトル上ではグリッドの鉛箔間隔に相当する空間周波数において強い信号が認められ、骨梁像にグリッドの鉛箔像が重なって描出されていることが確認できる。また、筋強調フィルタ法の適用後画像では、骨梁像がグリッドの鉛箔像によって細かく分断されているのがわかる。

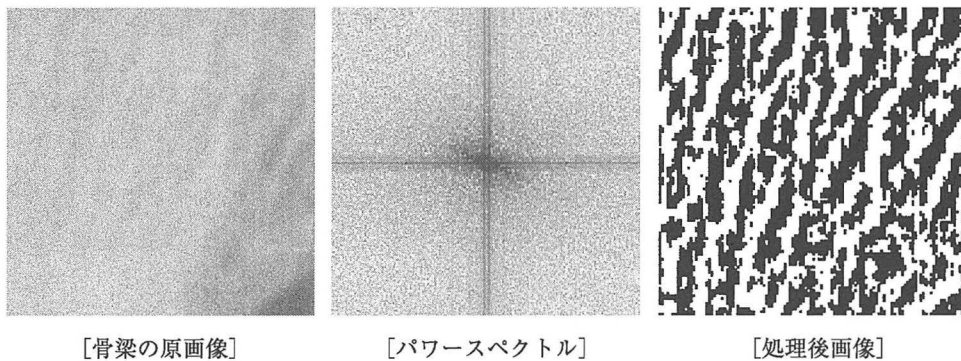


図6 散乱X線除去用グリッドの鉛箔像が重なって描出されていない骨梁像(左)とそのパワースペクトル(中)および筋強調フィルタ法によって抽出された骨梁像(右)

図5の散乱X線除去用グリッドの鉛箔による縞目模様が重なって描出された骨梁像に比べ、原画像の骨梁像が筋強調フィルタ法によって忠実に抽出されている。

箔像が描出されていない骨梁画像について、コンピュータを用いた自動計測法と観察者による視覚測定法で骨梁の本数を計測した。視覚測定法では、骨梁像にグリッドの鉛箔による縞目模様が重なって描出されていても、骨梁の計測値はほとんど影響されなかったのに比べ、コンピュータを用いた自動計測法では、グリッドの鉛箔像が描出されることによって、骨梁の計測値が大きく変動した。

よって、X線写真を用いた骨梁の構造解析では、解析法によって、撮影時に使用した散乱X線除去用グリッドがX線写真上に描出されているか否かを十分に配慮する必要があると考えられた。

## 6. 文 献

- 1) 鈴木隆雄, 林 泰史, 福永仁夫, 吉村典子, 荻野 浩, 藤原佐枝子, 塚原典子, 伊木雅之: 図でみる骨粗鬆症2002(疫学編), Osteoporosis Jpn. 10(1): 7-31, 2002.
- 2) Lis M: Age-related Changes in Spinal Bone Mass, Structure and Strength, J. Jpn. Soc. Bone Morphom. 8: 9-18, 1998.
- 3) 山本逸雄: 骨粗鬆症の定量診断, CLINICAL CALCIUM 5(11): 7, 1995.
- 4) 北山 彰, 板谷道信, 友光達志, 荒尾信一, 天野貴司, 林 明子, 曾根照喜, 福永仁夫, 山下一也: 骨梁の画像解析, 日放技学誌 56(3): 460-471, 2000.
- 5) Chinander MR, Giger ML, Martell JM and Favus MJ: Computerized Analysis of Radiographic Bone Patterns: Effect of Imaging Conditions on Performance, Med. Phys. 27(1): 75-85, 2000.
- 6) 曾根照喜, 友光達志, 福永仁夫, 北山 彰, 板谷道信, 山下一也: 骨梁構造の画像解析, 日骨形態誌 6: 21-26, 1996.
- 7) 北山 彰, 板谷道信, 友光達志, 曾根照喜, 福永仁夫: X線画像における骨梁の空間周波数成分の解析, Osteoporosis Jpn. 8(2): 107-110, 2000.
- 8) 北山 彰, 板谷道信, 山下一也, 友光達志, 曾根照喜, 福永仁夫, 山北幸重, 山内広世: 筋強調フィルタ法による腰

椎骨梁の定量解析, 川崎医療短期大学紀要 19: 87-91, 1999.

位部の骨梁計数法の開発, 日放技学誌 57(10): 1248-1253, 2001.

- 9) 谷口吉充, 岩井譜憲, 石田秀樹, 崔 昌五, 加藤京一, 新田 勝, 中澤靖夫: 股関節X線写真を試料とした大腿骨近

