

## 新しい散乱X線除去法による被曝低減の試み

北山 彰, 荒尾 信一, 田淵 昭彦,  
林 明子, 成廣 直正, 友光 達志

### Experiment in Decrease of Exposed Dose by New Anti-Scatter Method

Akira KITAYAMA, Shinichi ARAO, Akihiko TABUCHI,  
Akiko HAYASHI, Naomasa NARIHIRO and Tatsushi TOMOMITSU

キーワード：散乱X線, 被曝低減, 画質改善, イメージングプレート, CR

#### 概 要

X線撮影時に発生する散乱X線は画質の低下をもたらすために、現在はグリッド法もしくはグレーデル法によって受像系に到達する前に除去されている。しかし、グリッド法では被曝が増加し、グレーデル法では像が拡大するという欠点があった。

そこで今回我々は、2枚のイメージングプレートを用い、撮影後のCR画像処理によって散乱X線を除去する小縣らの新しい散乱X線除去法を適用し、被曝の低減を試み、処理画像の画質評価を行った。

その結果、新しい散乱X線除去法では粒状性は低下するものの、被曝は低減し、約1/2の被曝で従来のX線グリッドを用いた撮影と同等の鮮鋭度で、グリッド撮影よりも高い写真コントラストを持ち、しかもX線グリッドの鉛箔による縞目模様は目立たず、拡大のない画像が得られることがわかった。

#### 1. 緒 言

X線撮影時に発生する散乱X線は写真コントラストの低下や鮮鋭度の劣化など、画質低下をもたらすために除去が必要である。現在、散乱X線を除去する方法として、臨床の場ではグリッド法もしくはグレーデル法の散乱X線を受像系に到達する前に直接除去する方法が用いられている<sup>1-3)</sup>。しかし、グリッド法ではX線出力を増加する必要があるために被曝は増加し、グレーデル法では被写体と受像系の距離を離す必要があるために像が拡大するという欠点があった。

そこで今回我々は、2枚のイメージングプレート(以下、IPと略す)を用いて撮影を行い、撮影後にコンピュータ・ラジオグラフィ(CR)の画像処理によって散乱X線を除去する小縣らの新しい散乱X線除去法<sup>4)</sup>で、被曝線量の低減ならびに拡大のない画像を得

ることを試み、画質評価を行った。

#### 2. 新しい散乱X線除去法

図1に従来のグリッド法と新しい散乱X線除去法のIPおよび散乱X線除去用グリッド(以下、X線グリッドと略す)の配置を示す。従来のグリッド法では1枚のIPがグリッドの後方に配置され、IPにはX線グリッドを透過したX線が到達するために、グリッドで吸収、減弱されるX線量をX線出力の増加で補う必要があって、その結果、被曝線量が増加した。他方、新しい散乱X線除去法では2枚のIPがX線グリッドの前面と後面に配置され、前面のIPには十分な量のX線が到達する。しかし、その中には画質低下をもたらす散乱X線が多量に含まれているため、何らかの散乱線を除去する手法の適用が必要となる。そこで、後面のIPに撮影された画像を利用して以下の画像処理を撮影後に施す。

前面のIPに形成される画像および後面のIPに形成される画像をそれぞれ前面IP像および後面IP像とすると、それぞれの画像成分は次のように表すことがで

(平成25年10月23日受理)  
川崎医療短期大学 放射線技術科  
Department of Radiological Technology, Kawasaki College of Allied Health Professions

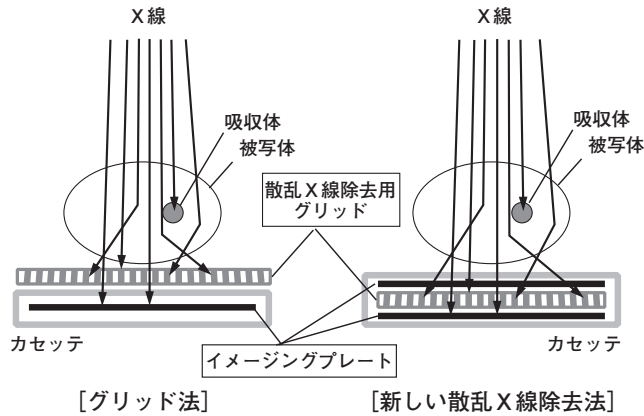


図1 新しい散乱X線除去法の配置図(グリッド法との比較)  
従来のグリッド法では1枚のIPがグリッドの後方に配置されるが、新しい散乱X線除去法では2枚のIPがグリッドの前面と後面に配置される。

きる。

$$\text{前面 IP 像} = \text{直接線 1} + \text{散乱線 1} + \text{雑音 1} \quad (1)$$

$$\text{後面 IP 像} = \text{直接線 2} + \text{散乱線 2} + \text{雑音 2} \quad (2)$$

ここで、各成分を比較すると次のとおりである。

$$\begin{aligned} &\text{直接線 1} > \text{直接線 2}, \text{散乱線 1} \gg \text{散乱線 2}, \\ &\text{雑音 1} \neq \text{雑音 2} \end{aligned}$$

したがって、撮影後のCR画像処理によって、直接線1 = 直接線2となるように後面IP像をn倍して前面IP像から減算すると直接線成分は消去され「散乱線3 + 雑音3」の散乱線画像を作成することができる。ここで、散乱線1 ≫ 散乱線2であるから散乱線3 ≒ 散乱線1であり、「散乱線3 + 雑音3」は「散乱線1 + 雑音3」と考えることができる。ただし、雑音3は雑音1 ≠ 雑音2のため、前の「雑音1 - n (雑音2)」の処理は、結局は「雑音1 + n (雑音2)」となり、雑音3は随分と大きな成分となるため、これを平滑化フィルタ処理によって縮小し<sup>5)</sup>、雑音成分が目立たない「散乱線1 + 雑音3」画像を作成する。そして、出来上がった散乱線画像「散乱線1 + 雑音3」を前面IP像「直接線1 + 散乱線1 + 雑音1」から減算すると「直接線1 + 雑音1 + 雑音3」となり、雑音1 ≫ 雑音3と考えると「直接線1 + 雑音1」の散乱線のない画像を作成することができる(図2)。

### 3. 対象および方法

図3に実験配置を示す。散乱体にはアクリル板50mm厚を用い、X線グリッド(三田屋製作所;グリッド比5:1,グリッド密度34 Lines/cm)を挟むように2枚のIPがセットされたカセット上に置いた。その上に被

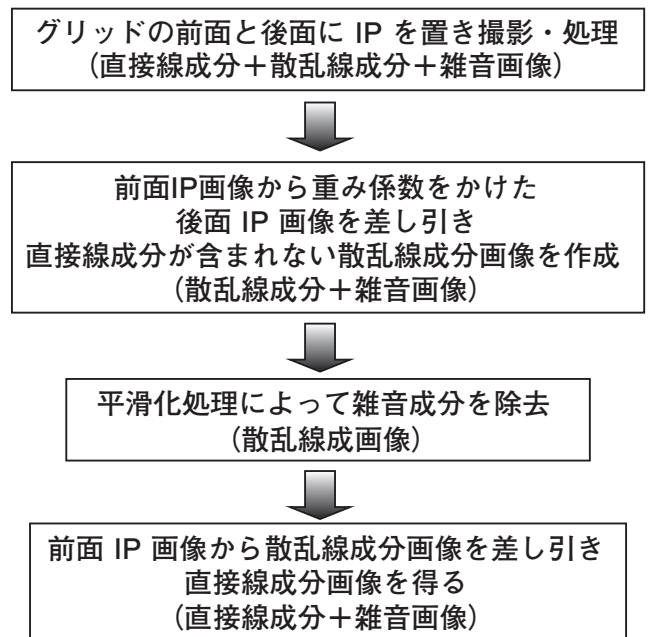


図2 新しい散乱X線除去法の画像処理の手順

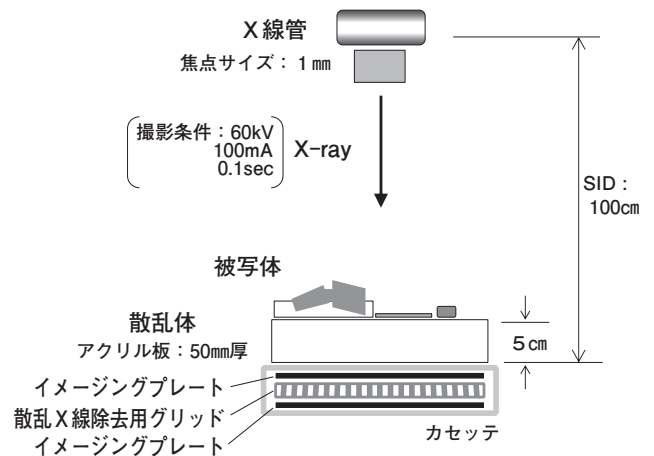


図3 実験配置図

写体として解像度測定用テストチャート(化成オプティクス; Type. No. 1), 粒状度測定用のアクリル板, 低コントラスト物質として2mm~10mmφのビーズ玉, 人体構成物として第6頸椎乾燥骨を配置してX線撮影(焦点サイズ; 1.0mm, 撮影条件; 60kV, 100mA, 0.1sec)を行った。撮影条件はグリッドを用いない撮影と同等で、グリッド法に必要な撮影条件の1/2として撮影時間で調整した。得られた後面IPのX線画像を図4に示す。

得られた画像に、パーソナルコンピュータ(富士通; FMV-E600)上で画像処理ソフト(Scion Image Ver.4.0.2)によって新しい散乱X線除去法の手順に従った画像処理を適用し、処理後画像から画質評価値

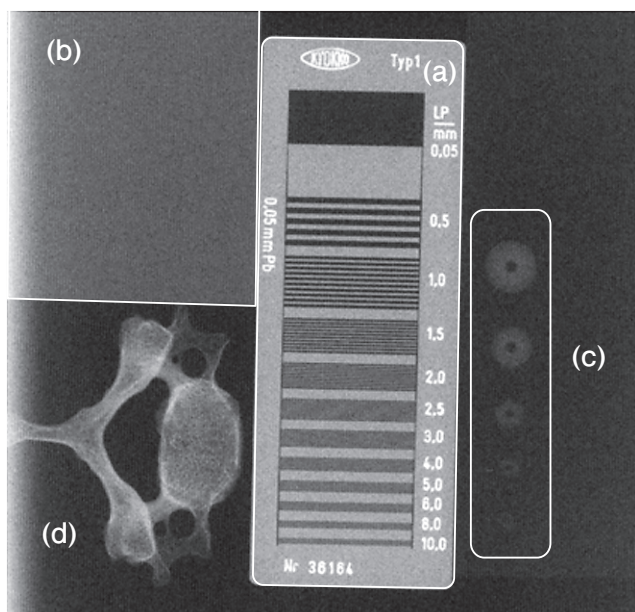


図4 被写体のX線画像

- (a) 解像度測定用テストチャート
- (b) 粒状度測定用アクリル板
- (c) 2 mm~10mm φのビーズ玉
- (d) 第6頸椎乾燥骨

である解像度 (LP/mm), 粒状度 (RMS), 写真コントラスト (鉛部/窓部ピクセル値) を求めた。

また, 比較のために, 従来のグリッド法による撮影 (撮影条件: 60kV, 100mA, 0.2sec) と撮影条件を新しい散乱X線除去法と同じ1/2にしたX線グリッドを用いない撮影 (撮影条件: 60kV, 100mA, 0.1sec) も行った。そして, 人体に近い被写体として胸部撮影専用ファントム (京都科学標本; N1) を被写体にした撮影も同様に行い, 得られた画像を視覚によって評価した。

なお, CR装置にはFCR5000MAplus (富士フィルム), 表計算ソフトにはExcel2003 (Microsoft) を用いた。

#### 4. 結 果

図5に新しい散乱X線除去法による画像処理の過程で得られた画像を示す。(a)は散乱線成分を多く含んだ前面IP画像,(b)はX線グリッドによって散乱線成分が除去された後面IP画像,(c)は直接線成分のない散乱線

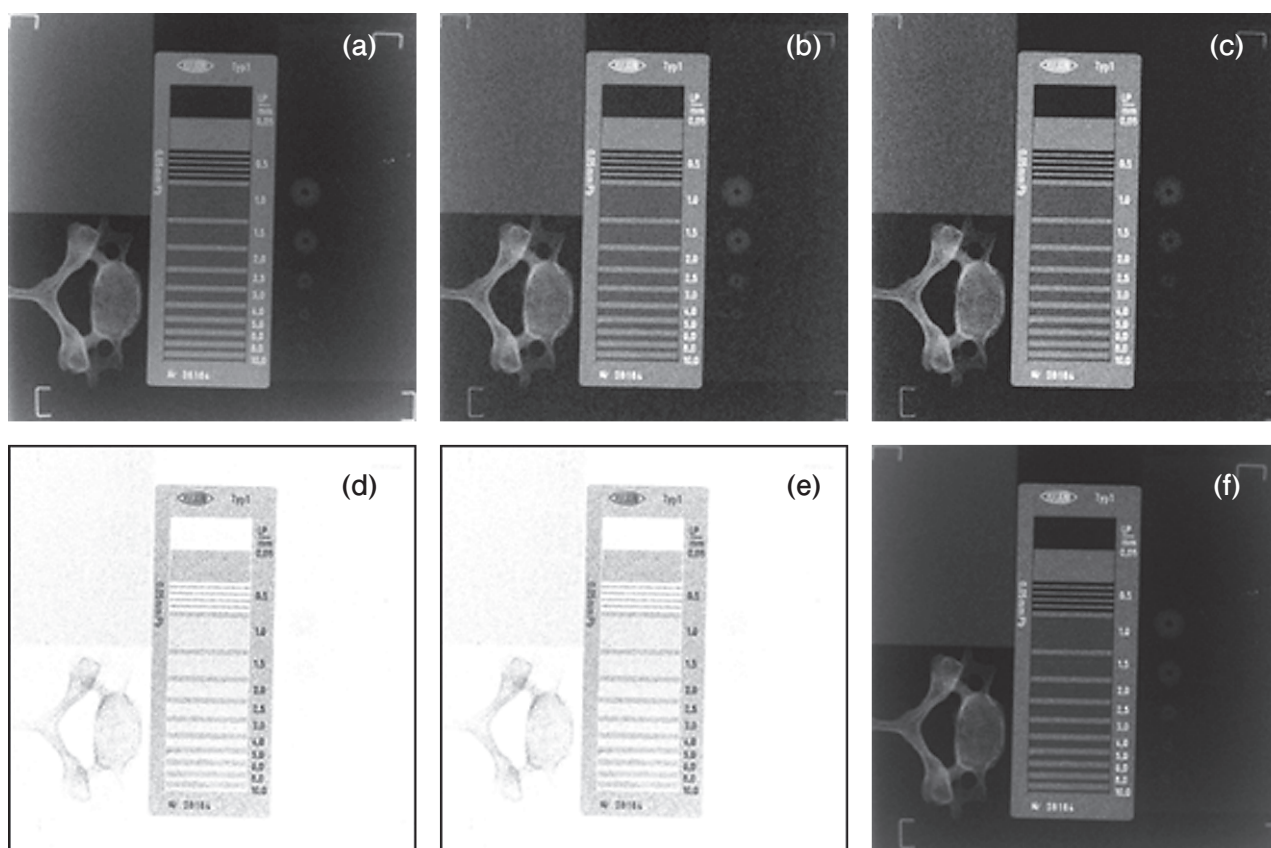


図5 新しい散乱X線除去法による画像処理の過程における画像

- (a) 散乱線成分を多く含んだ前面IP画像
- (b) 散乱線成分が除去された後面IP画像
- (c) 後面IP画像(b)に重み係数nを乗じて得た画像
- (d) (a)から(c)を引き算して得た散乱線成分画像
- (e) 平滑化処理を(d)に施し雑音成分を減少した散乱線成分画像
- (f) 前面IP画像(a)から散乱線成分画像(e)を引き算して得た画像

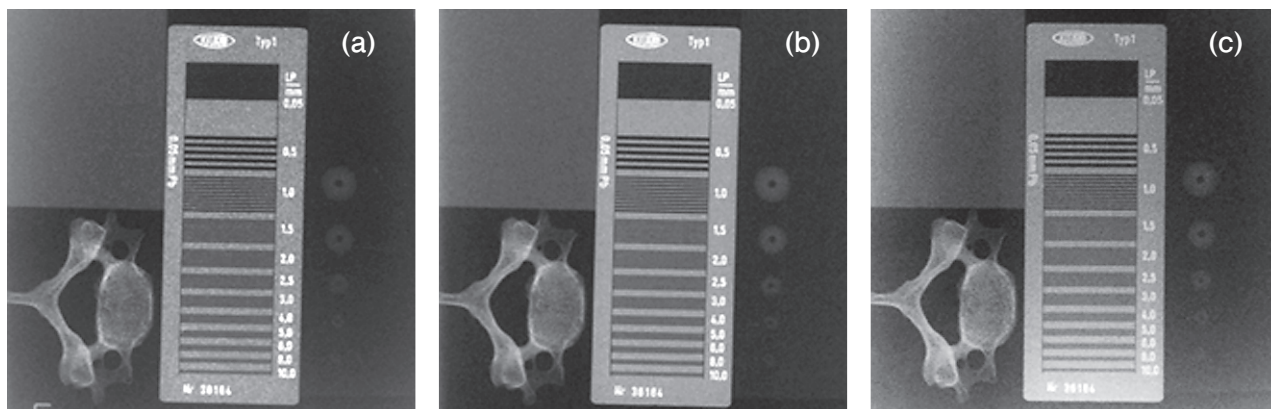


図6 異なる手法で撮影した画像の比較

- (a) 新しい散乱X線除去法で撮影した画像；撮影時間0.1sec (b) 従来のグリッド法で撮影した画像；撮影時間0.2sec  
 (c) グリッドを使用しないで撮影した画像；撮影時間0.1sec

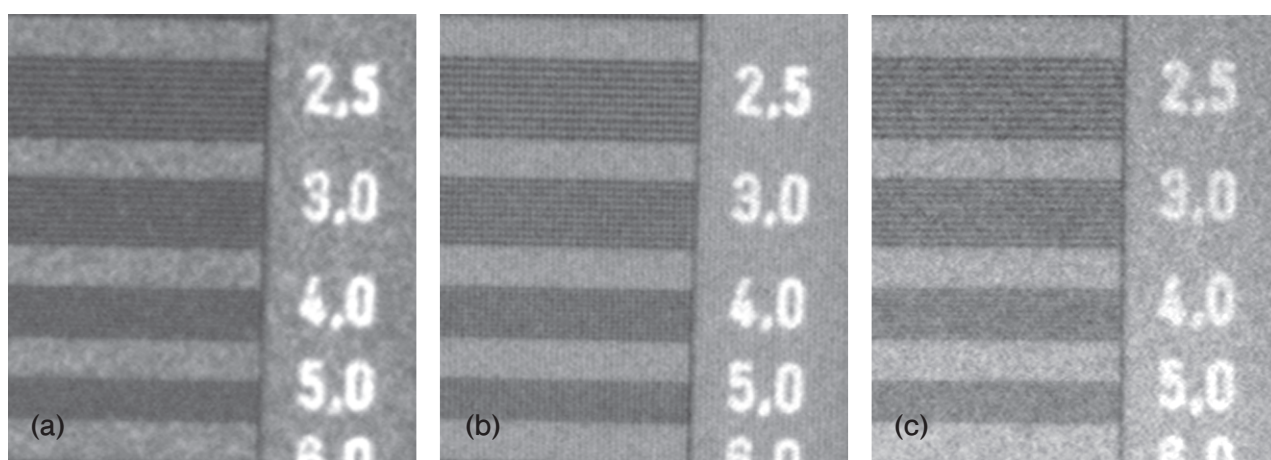


図7 解像度測定用テストチャートの拡大画像の比較

- (a) 新しい手法による画像；撮影時間0.1 sec  
 (b) 従来のグリッドあり画像；撮影時間0.2 sec  
 (c) グリッドなし画像；撮影時間0.1 sec

全ての手法による撮影において3.0 LinePair/mmまでが観察可能である。

成分画像を作成するために、後面IP画像に重み係数 $n$ を乗じて写真濃度が前面IP画像と等しくなるようにした画像で、(d)は前面IP画像(a)から重み係数 $n$ を乗じた後面IP画像(c)を引き算することによって得られた散乱線成分画像である。散乱線成分画像(d)には多くの雑音成分が含まれるために、(d)から雑音成分を減少させる目的で(d)に平滑化処理を施した画像が(e)で、(f)が前面IP画像(a)から雑音成分が減少された散乱線成分画像(e)を引き算することによって得られた散乱線成分のない画像である。

図6に新しい散乱X線除去法で得られた画像(a)と、従来のグリッド法によって得た画像(b)、被曝線量を減少するために撮影条件を1/2にしてX線グリッドを用いないで撮影をした画像(c)の比較を示す。(a)と(c)の撮影時間は0.1secで、(b)の撮影時間はX線グリッドで

吸収、減弱されるX線量を補うために0.2secである。

図7に解像度測定用テストチャートの拡大画像を示す。全ての手法による撮影において3.0 LinePair/mmまでが観察可能であった。図8に粒状度測定用アクリル板の拡大画像を示す。グリッドなしの画像では写真コントラストが低いため粒状は目立たないが、新しい手法による画像では写真コントラストが高いため大きな粒状が目立った。図9に写真コントラストを測定するための解像度測定用テストチャートの窓部と鉛部の拡大画像を示す。グリッドなしの画像では散乱X線のために低い写真コントラストとなったが、新しい手法による画像では、撮影時間が1/2にも関わらず、従来のグリッド撮影よりも高い写真コントラストが得られた。図10に低コントラスト物質であるビーズ玉の拡大画像を示す。径が一番小さいビーズ玉(○印)は、従

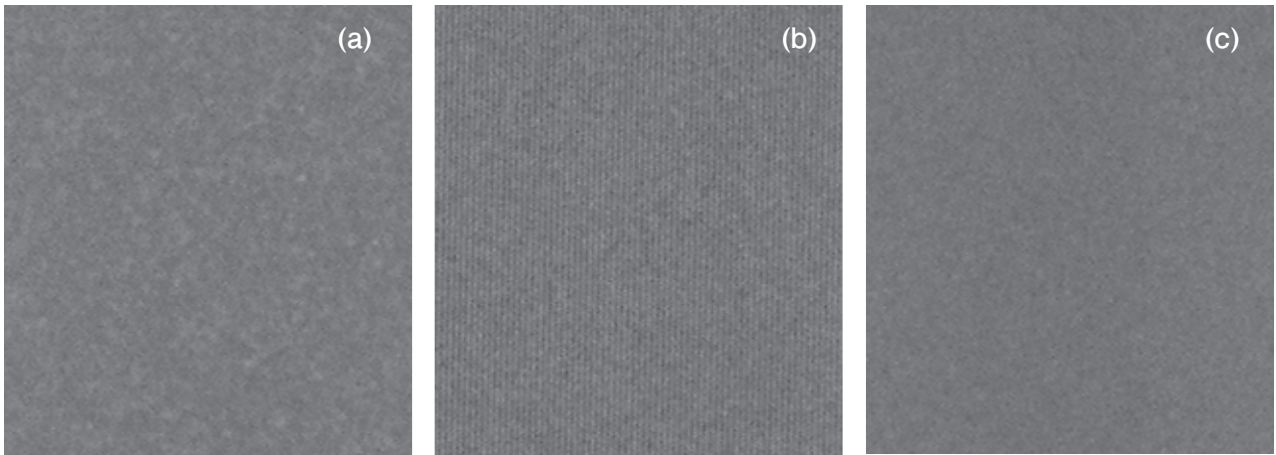


図8 粒状度測定用アクリル板の拡大画像の比較

- (a) 新しい手法による画像 ; 撮影時間0.1 sec  
 (b) 従来のグリッドあり画像 ; 撮影時間0.2 sec  
 (c) グリッドなし画像 ; 撮影時間0.1 sec

グリッドなし画像では写真コントラストが低いため粒状は目立たないが、新しい手法による画像では写真コントラストが高いため大きな粒状が目立つ。

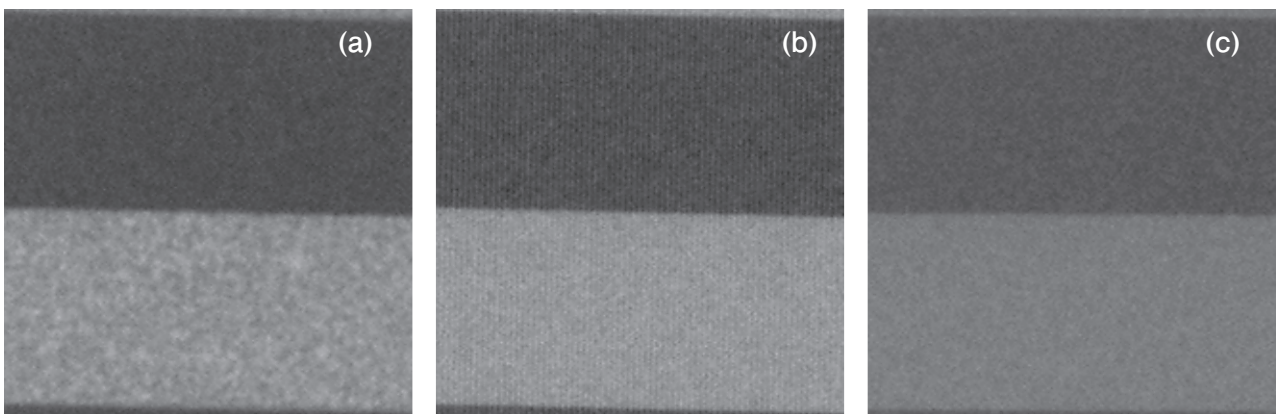


図9 解像度測定用テストチャートの窓部と鉛部の拡大画像の比較

- (a) 新しい手法による画像 ; 撮影時間0.1 sec  
 (b) 従来のグリッドあり画像 ; 撮影時間0.2 sec  
 (c) グリッドなし画像 ; 撮影時間0.1 sec

グリッドなし画像では散乱X線のために低い写真コントラストとなったが、新しい手法による画像では、撮影時間が1/2にも関わらず、従来のグリッド撮影よりも高い写真コントラストが得られた。

来のグリッド撮影では観察されるものの、グリッドなしの画像および新しい手法による画像では観察されなかった。図11に第6頸椎乾燥骨の拡大画像を示す。新しい手法による画像では写真コントラストは高いものの、粒状の低下によって見た目の鮮鋭性が悪く感じられる。図12に胸部撮影専用ファントムの左肺野拡大画像を示す。左主気管支(□印)は、グリッドなしの画像では観察しづらいが、新しい手法による画像では従来のグリッドありの画像と同等に観察された。また、心陰影に重なる肺の血管影(○印)も同様に、新しい手法による画像では従来のグリッドありの画像と同等

に観察された。表1に図7～図9の画像から求めた解像度、粒状度、写真コントラストによる画質評価値の比較を示す。

## 5. 考 察

解像度は全ての手法においてはほぼ同等であった(3.0 LinePair/mm; 図7および表1)。粒状度は、X線グリッドを用いないで撮影した画像(c)では散乱線の影響で低コントラスト画像となったため、RMS粒状度は低値を示した(RMS粒状度=6.6; 図8および表1)。一方、新しい散乱X線除去法によって得られた画像(a)で

は、画像処理の過程で大きくなった雑音を減少させるために平滑化フィルタ処理を適用したが、平滑化フィルタ処理では除去しきれない大きな粒状成分が残り、RMS 粒状度は高値となった (RMS 粒状度=17.4; 図8および表1)。写真コントラストは、X線グリッドを用いないで撮影した画像(c)では散乱線の影響で低い写真コントラストを示し(鉛部/窓部ピクセル値=1.1; 図9および表1)、一方、新しい散乱X線除去法によって得られた画像(a)では、撮影条件が1/2にも関わら

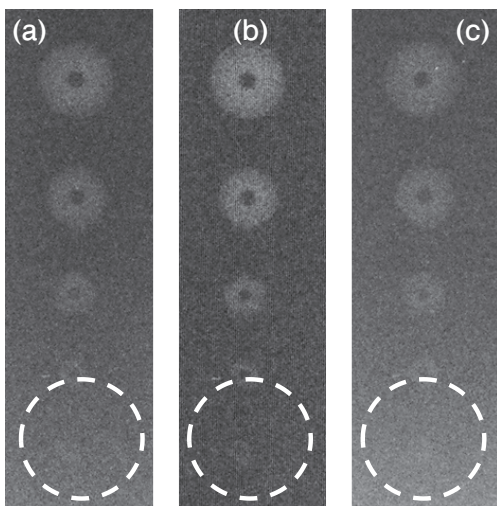


図10 低コントラスト物質であるビーズ玉の拡大画像の比較

- (a) 新しい手法による画像; 撮影時間0.1 sec  
 (b) 従来のグリッドあり画像; 撮影時間0.2 sec  
 (c) グリッドなし画像; 撮影時間0.1 sec

径が一番小さいビーズ玉(○印)は、従来のグリッド撮影では観察されるものの、グリッドなし画像および新しい手法による画像では観察されない。

ず、従来のX線グリッドを用いた撮影(b)よりも高い写真コントラストが得られた(鉛部/窓部ピクセル値=1.2; 図9および表1)。

低コントラスト物質であるビーズ玉の拡大画像の比較(図10)では、径が一番小さい2mmのビーズ玉(図中○印)は、従来のX線グリッドを用いた撮影(b)では観察されるものの、X線グリッドを用いないで撮影した画像(c)および新しい散乱X線除去法によって得られた画像(a)では観察できなかった。これは、グリッドを用いないで撮影した画像(c)では写真コントラストが低く、一方、新しい手法によって得られた画像(a)では写真コントラストは高いものの粒状が悪いために観察できなかったと考えられた。

第6頸椎乾燥骨の拡大画像の比較(図11)では、新しい散乱X線除去法によって得られた画像(a)におい

表1 異なる手法で撮影した画像から得られた画像評価値の比較

	通常の撮影による画像		新しい散乱X線除去法による画像
	グリッドあり 撮影時間: 0.2sec	グリッドなし 撮影時間: 0.1sec	撮影時間: 0.1sec
解像度 (LP/mm)	3.0	3.0	3.0
粒状度 (RMS)	11.4	6.6	17.4
コントラスト (鉛部/窓部)	1.2	1.1	1.4

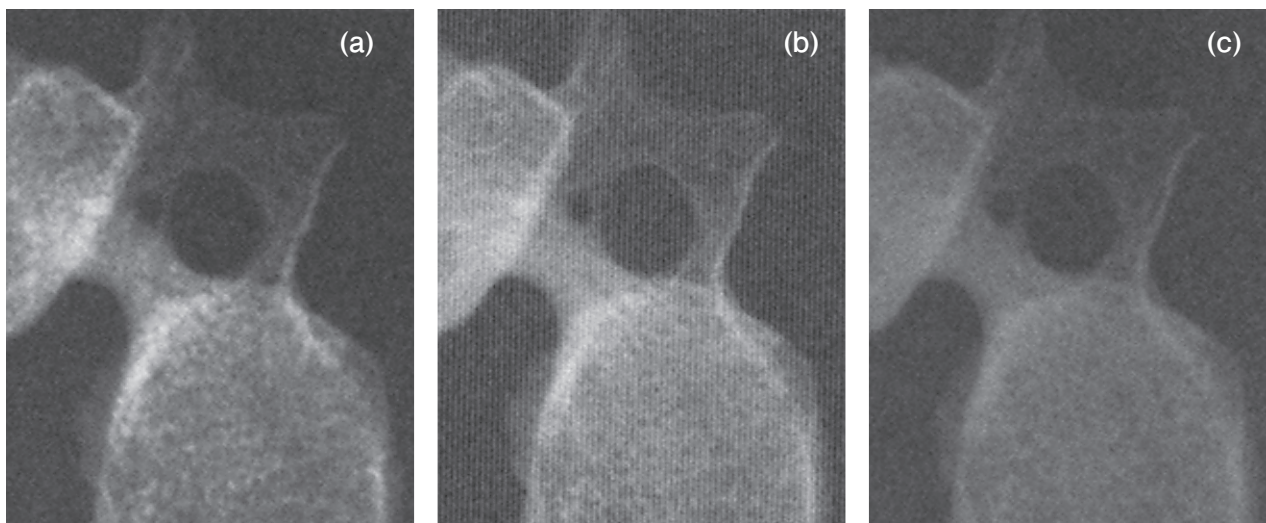


図11 第6頸椎乾燥骨の拡大画像の比較

- (a) 新しい手法による画像 ; 撮影時間0.1 sec  
 (b) 従来のグリッドあり画像; 撮影時間0.2 sec  
 (c) グリッドなし画像 ; 撮影時間0.1 sec

新しい手法による画像では写真コントラストは高いものの、粒状の低下によって見た目の鮮鋭性が悪い。

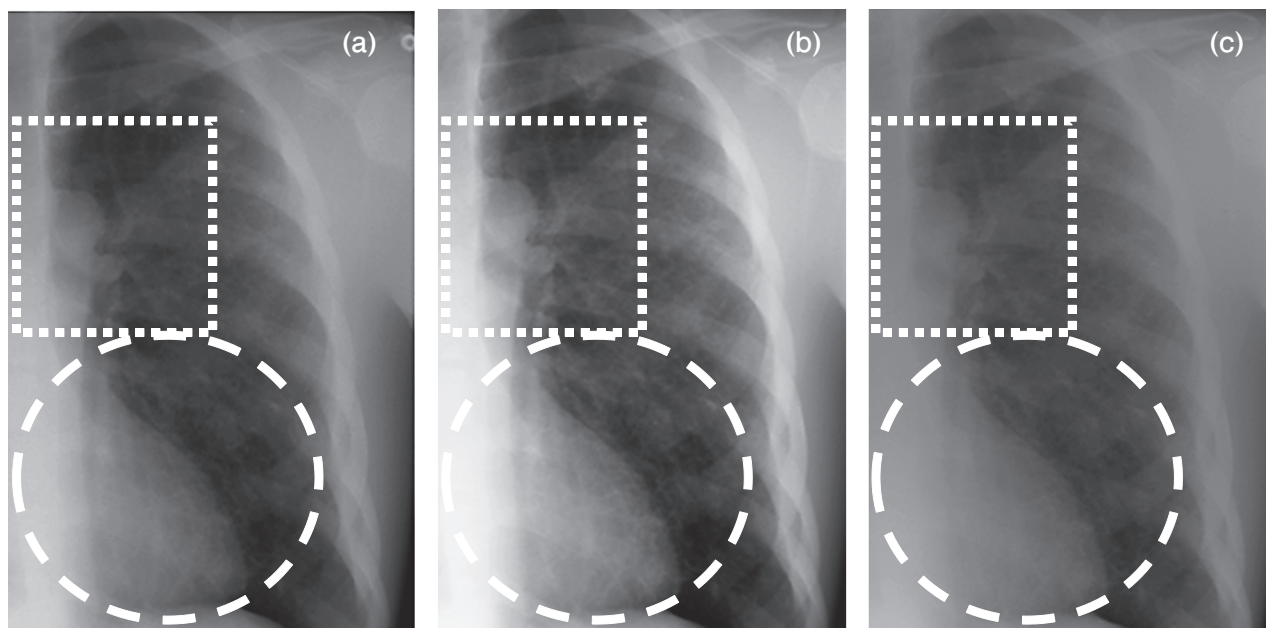


図12 胸部専用ファントムの左肺野拡大画像の比較

(a) 新しい手法による画像 ; 撮影時間0.1 sec

(b) 従来のグリッドあり画像 ; 撮影時間0.2 sec

(c) グリッドなし画像 ; 撮影時間0.1 sec

左主気管支 (□印) は、グリッドなし画像では観察しづらいが、新しい手法による画像では従来のグリッドあり画像と同等に観察される。また、心陰影に重なる肺の血管影 (○印) も同様に、新しい手法による画像では従来のグリッドあり画像と同等に観察される。

て、骨の写真コントラストは高いものの、粒状の低下によって見た目の鮮鋭性が悪いように感じられた。

胸部撮影専用ファントムの左肺野拡大画像の比較 (図12) では、左主気管支 (図中□印) はX線グリッドを用いないで撮影した画像(c)では観察が困難であるが、新しい散乱X線除去法によって得られた画像(a)では、従来のグリッド法による撮影(b)の1/2の撮影時間にもかかわらず、従来のグリッド用いて撮影された画像(b)と同等に観察された。また、心陰影に重なる肺の血管影 (図中○印) も同様に、新しい散乱X線除去法によって得られた画像(a)では従来のグリッド用いて撮影された画像(b)と同等に観察された。

なお、この手法の問題点は、直接線成分を消去するために用いられる重み係数  $n$  が、撮影管電圧などの撮影条件やグリッドの性能および被写体の状態によって、その都度考慮しないといけないことにあると考える。しかし、撮影後の前面IP画像の画素値と後面IP画像の画素値によって重み係数  $n$  は容易に求められるため、この過程を自動化することで臨床への応用が可能になると考える。

## 6. 結 語

新しい散乱X線除去法を用いた撮影では、粒状性は低下するものの、従来のX線グリッドを用いた撮影と比較して、1/2の撮影時間、つまり1/2の被曝線量で、同等の鮮鋭度、グリッドを用いた撮影よりも高い写真コントラスト、しかも、グリッドの鉛箔による縞目模様が目立たない、拡大のない画像が得られることがわかった。

## 7. 文 献

- 1) 新開英秀, 東田善治: 医用画像検査技術学, 第2版, 東京: 南山堂, pp. 18-24, 2002.
- 2) 小水 満: 放射線画像技術学, 東京: 医歯薬出版, pp. 7-8, 2010.
- 3) 金場敏憲, 葉山和弘: 診療画像技術学 - X線 -, 東京: オーム社, pp. 20-22, 2003.
- 4) 小縣裕二, 橋爪由美子, 稲本一夫, 瀧川 厚, Reza A ZOROOFI, 佐藤嘉伸, 田村進一: CRを用いた新しい散乱X線除去法, 日本写真学会誌61(4): 212-220, 1998.
- 5) 内田 勝: デジタル放射線画像, 東京: オーム社, pp. 84-86, 1998.

