

# 散乱X線除去用グリッドの縞目像に対する空間周波数画像処理

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

## Spatial Frequency Image Processing for Striped Pattern Created by Anti-Scatter Grid

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

キーワード：空間周波数, 画像処理, 散乱X線除去用グリッド, 縞目像, X線撮影

### 概 要

X線撮影時に被写体から発生する散乱X線はX線画像の写真コントラスト等の画質を低下させるため、通常は散乱X線除去用グリッドを用いた撮影が行われるが、X線グリッドを用いた撮影では、グリッドの鉛箔が画像上に縞目模様となって現れるため、診断や画像解析の障害となることがある。

そこで我々は、コンピュータ画像処理の空間周波数処理を用いて、X線グリッドによってX線画像上に生じた縞目模様を除去することを検討した。

その結果、X線グリッドによってX線画像上に生じた縞目模様をLow pass フィルタなどの空間周波数処理を用いて除去することが可能であった。また指骨では2.0 cycles/mmまでの高周波数成分の削除が可能であると考えられた。

### 1. 緒 言

X線撮影時に被写体から発生する散乱X線はX線画像の写真コントラストを低下させるため、通常は散乱X線除去用グリッド（以下、X線グリッドと略す）を用いた撮影が行われる<sup>1-4)</sup>。しかし、X線グリッドを用いた撮影では、グリッドの鉛箔が画像上に縞目模様となって現れ、診断や画像解析の障害となることがある<sup>5)</sup>。

そこで我々は、コンピュータ画像処理の空間周波数処理<sup>6,7)</sup>を用いて、X線グリッドによってX線画像上に生じた縞目模様を除去することを検討した。

### 2. 対象および方法

図1に実験の手順を示す。被写体にはX線撮影用人骨入りファントム（京都科学標本；PB-10-A）の第3指末節骨部を用い、グリッド密度28 lines/cm（三田屋

製作所；グリッド比6：1）と40 lines/cm（三田屋製作所；グリッド比8：1）のX線グリッドを用いてX線撮影（焦点サイズ；1.0mm, 増感紙/フィルムシステム；富士フィルム HR-4/HR-S 30）を行った。

得られたX線画像は、フィルムデジタイザ（コニ

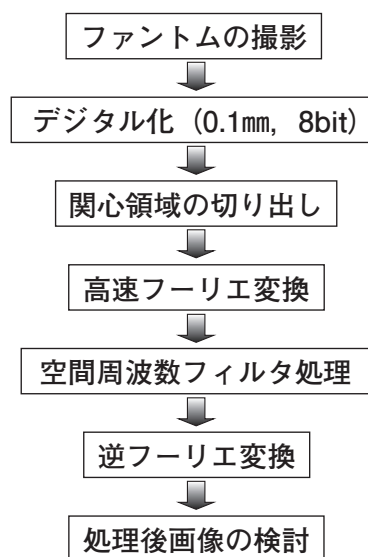


図1 実験の手順

（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

カ；LD-4500)によってデジタル化(標本化0.1mm, 量子化8 bit)され, パーソナルコンピュータ(Dell; Optiplex GX620)に取り込み, モニタ上で128×128ピクセルサイズの関心領域を切り出し, それを解析対象とした。

次に, 切り出した関心領域に対してパブリックドメイン画像処理ソフト(Scion Image; Ver. 4.0.3.2)を用いて高速フーリエ変換を実行し, パワースペクトルを求め, 空間周波数フィルタ処理を適用した後, 逆フーリエ変換で再び空間領域の画像に戻し, X線グリッドの縞目模様に対する空間周波数処理の有用性について検討した。

なお, 空間周波数フィルタ処理は, Low pass フィルタ処理と, パワースペクトル上でX線グリッドの周波数成分のみを除去する特殊空間周波数フィルタ処理について検討を行った。

また, Low pass フィルタ処理の閾値については, 閾値を変化したときの元画像と処理後画像とのNMSE(normalized mean square error)値<sup>8)</sup>を表計算ソフト(Microsoft; Excel 2003)で算出し, 検討した。

### 3. 結 果

図2に, 第3指末節骨部をX線グリッドを使用しないで撮影した画像(a), グリッド密度28 lines/cmのX線グリッドを使用して撮影した画像(b), グリッド密度40

lines/cmのグリッドを用いてX線撮影した画像(c)および, それぞれの画像をフーリエ変換して求めたパワースペクトルを示す。X線グリッドを使用した画像では, グリッドの鉛箔が縦方向には細長く, 横方向には規則正しく並んだ細かい縞目模様として映し出された。そして, そのパワースペクトル上にはグリッドの縞目模様に対応する周波数成分の強調が認められた。X線画像の標本化が0.1mmであるためパワースペクトルの最大値は5.0 cycles/mmである。したがって, グリッド密度28 lines/cmのグリッドではパワースペクトルの水平軸2.8 cycles/mmのところ, グリッド密度40 lines/cmのグリッドではパワースペクトルの水平軸4.0 cycles/mmのところ縦のラインとなって周波数成分の強調が認められた。

図3に, グリッド密度28 lines/cmのX線グリッドを使用して撮影した画像のパワースペクトルとそのパワースペクトルを逆フーリエ変換してえられた画像(a), また, Low pass フィルタ処理を適用したときのパワースペクトルとそのパワースペクトルを逆フーリエ変換して求めた画像(b), X線グリッドの周波数成分のみを除去する特殊空間周波数フィルタ処理を適用したときのパワースペクトルとそのパワースペクトルを逆フーリエ変換して求めた画像(c)を示す。なお, Low pass フィルタ処理での閾値には, グリッドによる縞目模様の空間周波数値が2.8 cycles/mmであるため, その成分を

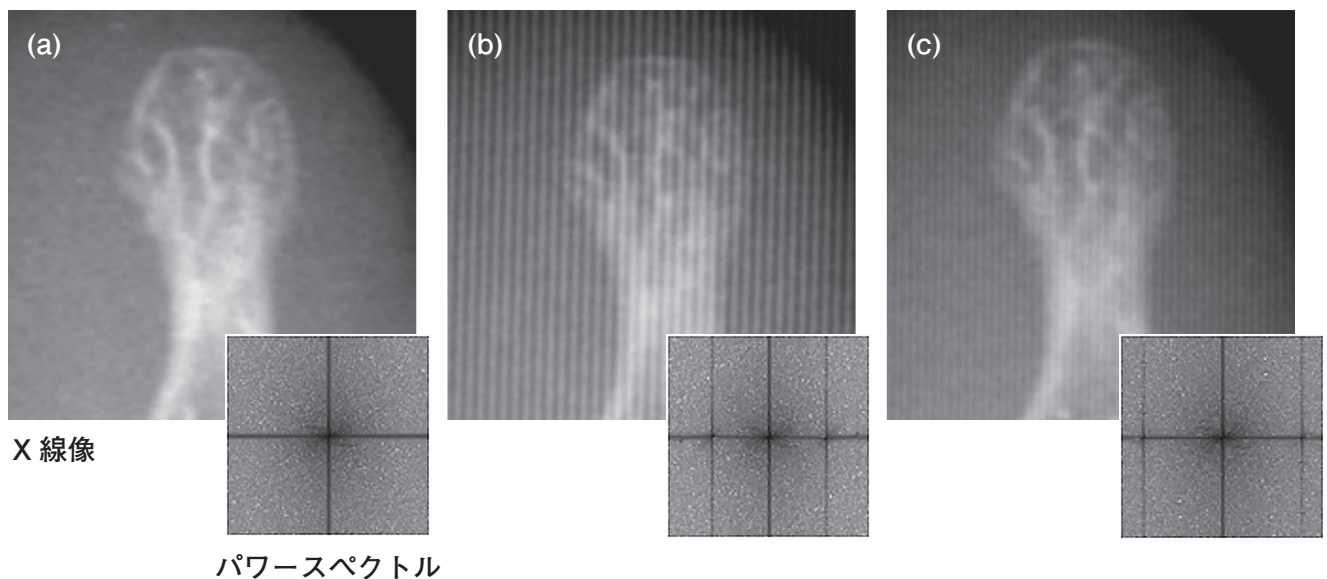
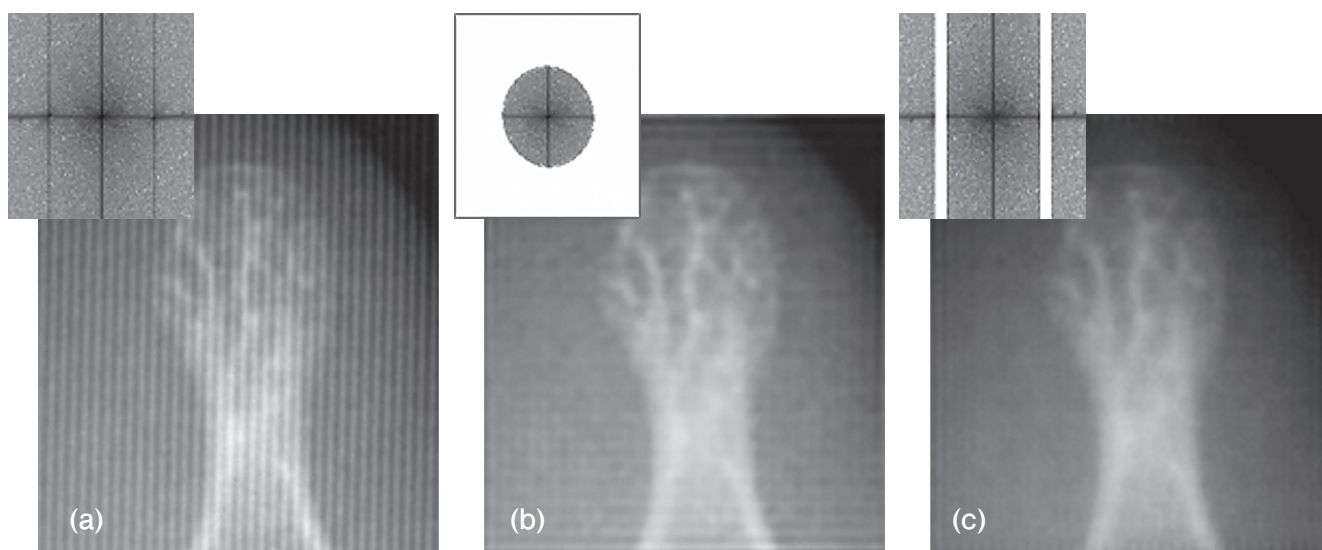


図2 第3指末節骨のX線像とそのパワースペクトル

- (a) X線グリッドなし
- (b) グリッドあり (グリッド密度; 28 lines/cm)
- (c) グリッドあり (グリッド密度; 40 lines/cm)

パワースペクトル



逆フーリエ変換後の画像

図3 適用した空間周波数フィルタ処理とその逆フーリエ変換後の画像

- (a) 原版 (グリッド密度: 28 lines/cm)
- (b) Low pass フィルタ処理を適用 (閾値: 2.0 cycles/mm)
- (c) グリッドの周波数成分のみを除去した特殊フィルタ処理を適用



図4 X線グリッドを使用しないで撮影した画像とフィルタ処理後画像との比較 (グリッド密度: 40 lines/cm)

- (1) グリッドなしの画像
- (2) Low pass フィルタ処理を適用 (閾値: 2.0 cycles/mm)
- (3) グリッドの周波数成分のみを除去した特殊フィルタ処理を適用

除去するために2.5 cycles/mmを用いた。

Low pass フィルタ処理を適用した画像 (図3(b)) では、X線グリッドを使用しないで撮影した画像 (図2(a)) に比べ、骨梁像はわずかにボケ、薄いモザイク様模様画像全体に出現した。他方、X線グリッドの周波数成分のみを除去する特殊空間周波数フィルタ処理を適用した画像 (図3(c)) では骨梁像の描出能低下が認められた。しかし、どちらの空間周波数フィルタ処理においてもX線グリッドによる縞目模様は消去さ

れ、X線グリッドを使用しない画像 (図2(a)) と大差のない画像を得ることができた。また、グリッド密度40 lines/cmのX線グリッドを使用した画像においてもほぼ同様の結果であった (図4)。

4. 考 察

今回適用した2種類の空間周波数処理の利点、欠点を考察すると、Low pass フィルタ処理では、X線グリッドが異なっても閾値を一定にすることによって逆フ

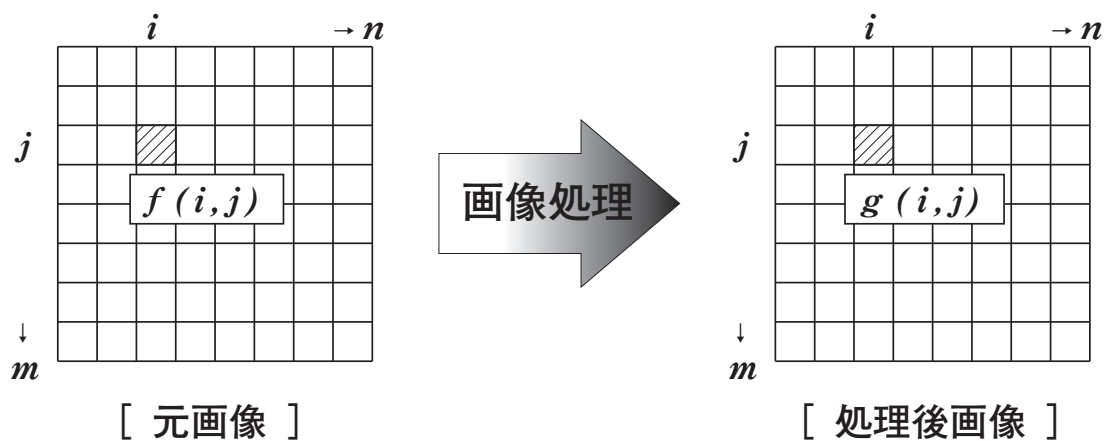
ーリエ変換で画像の再形成に使用される周波数成分がほぼ等しくなり、その結果、ほぼ等しい画像が形成されたが、閾値の周波数よりも高い周波数成分がすべて除去されるため、形成された画像はわずかにボケた画像となった(図3(b)と図4(b))。他方、X線グリッドの周波数成分のみを除去する特殊空間周波数フィルタ処理では、X線グリッドの鉛箔によって形成される縞目模様の周波数成分のみを除去するため、フィルタ処理適用後に人間の目に感じることでできる高周波数成分が残っていれば画像はボケたようには感じない。今回の実験ではグリッド密度28 lines/cmのX線グリッドを使用した画像(図3(c))では、周波数処理によって人間の目が細かいものとして認識できる高周波数成分2.5~3.0 cycles/mmが除去されたため、処理後画像はわずかにボケて見え、グリッド密度40 lines/cmのX線グリッドを使用した画像(図4(c))では、X線グリッドによる縞目模様の成分3.8~4.2 cycles/mmを除去しても、人間の目が認識できる高周波数成分が残ったために画像はボケたように感じられなかった。

したがって、X線グリッドによる縞目模様を消去するための空間周波数処理としては、X線グリッドの周波数成分のみを除去する特殊空間周波数フィルタ処理の方がLow passフィルタ処理よりも優れていると考えられたが、この手法は使用するX線グリッドによ

て消去する周波数成分を考慮し、変更しなければならず、また、一般に使用されている多くの画像処理ソフトにはこのような処理の組み込みがなく、ある特定メーカーのCR装置には同様の処理をオプションで組み込みが可能なもの<sup>9)</sup>、一般には画像処理ソフト等で複雑なマクロ処理を構成するか、画像処理プログラムそのものを作成する必要がある、実際の使用は非常に煩雑であって現実的ではないと考える。

次にLow passフィルタ処理の閾値について検討した。閾値は、使用するX線グリッドの鉛箔によって形成される縞目模様の空間周波数値よりも低い周波数が用いられるが、閾値が低くなるほど高周波数成分が失われるためにボケた画像となる。したがって、Low passフィルタ処理の画像劣化について、閾値を変化させながら形成される画像と元画像との相違をNMSE値によって評価し、検討した。NMSE値とは、元画像と処理後画像の違いを各ピクセルごとに求め、元画像全体のピクセル値に対する割合として計算される値で、二つの画像の違いが大きければ大きな値となる(図5)。

図6にLow passフィルタ処理で閾値を変化させたときの処理後画像を、図7に元画像と処理後画像とのNMSE値を示す。閾値が5.0 cycles/mmから1.75 cycles/mmまではNMSE値の急激な増加は観察されず、画像においても骨梁像の画像劣化はほとんど認識



$$NMSE = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \{f(i, j) - g(i, j)\}^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \{f(i, j)\}^2}$$

図5 NMSE : normalized mean square error

NMSE値とは、元画像と処理後画像のピクセル値との違いを元画像に対する割合として求めた値で、二つの画像の違いが大きければ大きな値となる。

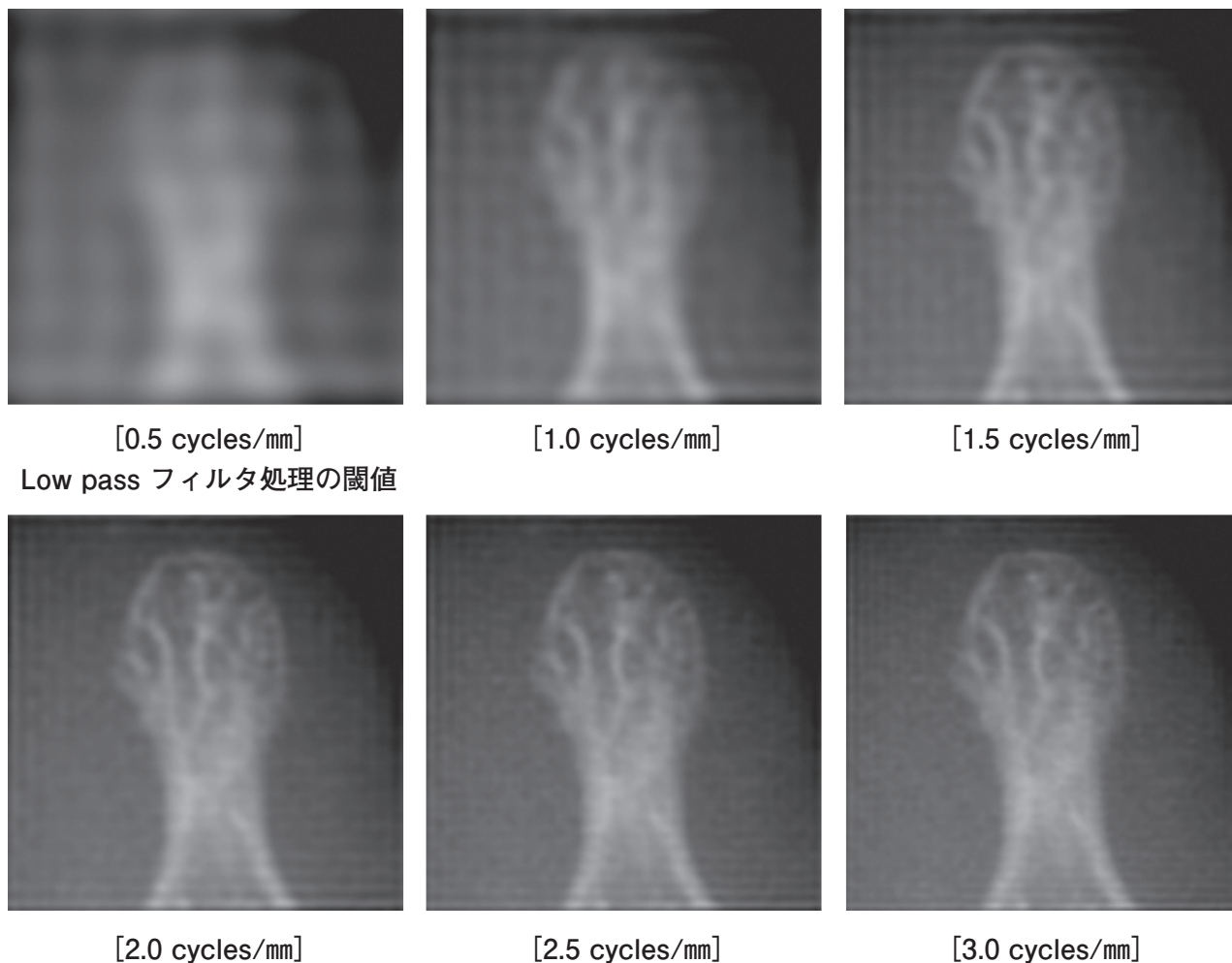


図6 閾値を変化したときの Low pass フィルタ処理後画像  
 閾値が1.5 cycles/mm以下になると骨梁像の画像劣化が認められる。

できなかった。しかし、閾値が1.5 cycles/mm以下になると、NMSE 値は徐々に大きく増加し、元画像と処理後画像の相違が大きくなったことが示され、また画像においても、骨梁像の明らかな劣化が認められた。よって、指骨を撮影対象とした場合では、閾値を2.0 cycles/mmとして処理をすれば、それよりも高い周波数成分が除去されても画像に大きな変化は生じないことがわかった。

### 5. 結 語

X線グリッドによってX線画像上に生じた縞目模様を Low pass フィルタなどの空間周波数処理を用いて除去することが可能であった。また、指骨では2.0 cycles/mmまでの高周波数成分の削除が可能であると考えられた。

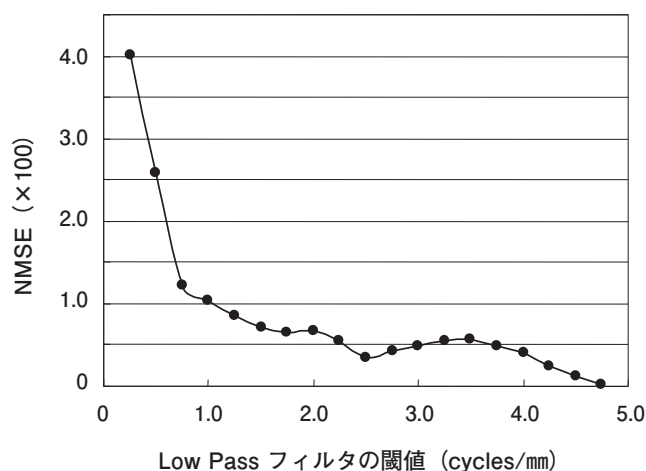


図7 閾値を変化したときの Low pass フィルタ処理による NMSE  
 閾値が5.0 cycles/mmから1.75 cycles/mmまでは NMSE 値の急激な増加は観察されないが、閾値が1.5 cycles/mm以下になると NMSE 値は徐々に大きく増加した。

## 6. 文 献

- 1) Meredith WJ, Massey JB : Fundamental Physics of Radiology, 3th ed, Bristol : John Wright & Sons, pp. 250—263, 1979.
- 2) Johns HE, Cunningham JR : The Physics of Radiology, 4th ed, Illinois : Springfield, pp. 588—591, 1983.
- 3) 小塚隆弘, 稲邑清成, 土井 司, 隅田伊織 : 診療放射線技術 (上巻), 第13版, 東京 : 南江堂, pp. 178—180, 2012.
- 4) 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—23, 2002.
- 5) 北山 彰, 林 明子, 天野貴司, 荒尾信一, 原内 一, 友光達志, 曾根照喜, 福永仁夫 : 散乱線除去用グリッドが骨梁像の画像解析に及ぼす影響, 川崎医療短期大学紀要25 : 97—101, 2005.
- 6) 桂川茂彦 : 医用画像情報学, 東京 : 南山堂, pp. 148—153, 2006.
- 7) 内田 勝 : デジタル放射線画像, 東京 : オーム社, pp. 81—86, 1998.
- 8) 松尾 悟, 小水 満, 木田哲生, 野間和夫, 橋本恵次, 大西 英雄, 増田一孝 : X線画像のもつ周波数成分の分析, 日放技学誌53(11) : 1665—1672, 1997.
- 9) 加藤元章, 西村幸恵, 岡本孝英, リチャードヴァンメッター, シャオファイワン, 伊知地宏志, 沢井美穂, 清岡誠, 池上裕子 : コンピューテッドラジオグラフィにおけるグリッドラインの検出・抑制処理 GDS の臨床運用の有用性, 日放技学誌61(8) : 1158—1169, 2005.