

平成 21 年 6 月 22 日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2005～2008
 課題番号：17592308
 研究課題名（和文） フラットパネルディテクターにおける散乱X線除去用グリッドの
 適応研究
 研究課題名（英文） Appropriate adjustment of anti-scatter grids for a direct-type
 flat panel detector.
 研究代表者
 笠井 俊文（KASAI TOSHIFUMI）
 京都医療科学大学・医療科学部・教授
 研究者番号：70194701

研究成果の概要：

画像診断領域では、被写体から発生する散乱X線による画像コントラストの低下が原因となる。特に低コントラスト信号の検出能を低下させる。直接変換方式 FPD について低エネルギー成分である散乱X線に対する感度特性から、その除去に必要なかつ十分な散乱X線除去用グリッドの適応基準を確立し、被曝増大の抑制と画質の向上を目的とする。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005 年度	900,000	0	900,000
2006 年度	1,300,000	0	1,300,000
2007 年度	700,000	210,000	910,000
2008 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
総計	3,400,000	360,000	3,760,000

研究分野：医歯薬学 内科系臨床医学

科研費の分科・細目：放射線科学

キーワード：医用画像、FPD、平面検出器、散乱線、グリッド、デジタル画像

1. 研究開始当初の背景

従来より散乱X線を低減するために散乱X線除去用グリッドを利用してきた。しかし、その適用に明確な基準は無く、経験則に基づいて選択される場合が多かった。本研究では、直接変換方式 FPD の X 線検出方式および画像形成過程がそれぞれ異なり、低エネルギー成分である散乱X線に対する感度も異なるものと考えた。

2. 研究の目的

直接変換方式 FPD について、低エネルギー成分である散乱X線に対する感度特性から、その除去に必要なかつ十分な散乱X線除去用

グリッドの適応基準を確立し、被曝増大の抑制と画質の向上を目的とした。

3. 研究の方法

まず線質特性（管電圧特性）を求めた。次に、被写体（アクリル板）厚および管電圧の変化に対する散乱X線低減率を各グリッド比について求めた。つぎに、低コントラスト信号の検出能をコントラストノイズ特性として評価した。

①線質特性（管電圧特性）

X線エネルギーを管電圧で変化させた場合の入出力特性を測定した。管電圧を40～140kV

まで20kVごとに変化させ、各管電圧について、FPD入射線量を撮影時間による強度スケール法で変化させ、そのときの出力(ピクセル値)との関係をデジタル特性曲線として求めた。

FPD入射線量の測定には、管電圧40~70kVの範囲は平行平板型電離箱線量計 (RADCAL社製 MOD 10X5-6M/model 9015, 有効電離体積6cc, アルミ蒸着ポリエステル製) を用い、管電圧70~150kVの範囲は指頭型電離箱線量計 (RADCAL社製 MOD 10X5-6/model 9015, 有効電離体積6cc, ポリカーボネイト製) を用いた。

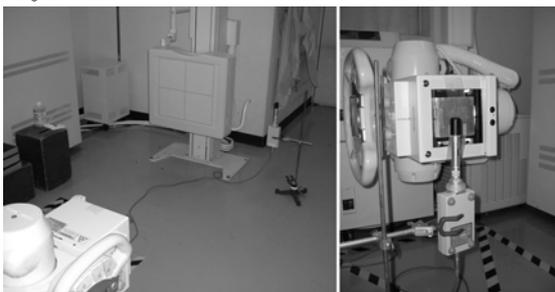


図1 FPD への入射線量の測定

FPDへの入射線量は、最初に焦点-検出器 (FPDおよび線量計チェンバ) 間距離を同じくして複数回照射し (図1), この平均値をFPD入射線量の基準値とした。次に、線量計チェンバをX線可動絞りの前面まで近づけ、先と同じ条件で複数回照射し、この平均値をモニタ位置線量の基準値とした。この後、撮影時間を順次変化させてモニタ位置線量を実測し、この値に先の両者の比 (A/B) を乗じて、FPD入射線量を算出した。これと同時に均一露光画像を収集し、その中央部512×512ピクセルの領域の平均ピクセル値を出力とした。

ピクセル値はキャリブレーション後 (ゲイン補正, オフセット補正, 欠陥画素補正 済み) の値であり、また、FPD システム内部でパネル出力信号とピクセル値を変換するルックアップテーブルはリニアタイプを選択した。X線照射の不均一の影響を小さくするため、ここでは撮影距離を200cmとした。

② 散乱X線低減率

被写体としてアクリル板を置き (0, 5, 10, 15, 20, 25cm), 管電圧を変化 (50, 60, 80, 100, 120, 140kV) させた場合の散乱X線の低減率を、グリッド比の異なる散乱X線除去用グリッド (三田屋社製, 集束タイプ, グリッド比 $r=5, 6, 8, 10, 12$) について測定した。

散乱X線低減率の測定では、アクリル板の直下に5mm厚の鉛ディスクを置いて直接X線を遮蔽し、鉛ディスク部のFPDには散乱X線のみが入射するように配置する (図2)。グリッドなしの状態では、被写体厚および管電圧

に応じて大量の散乱X線がFPDに入射するため鉛ディスク部のピクセル値は大きくなるが、グリッドを用いると散乱X線が除去されて同部のピクセル値は小さくなる。この画像上に現れる散乱X線の影響の程度が、散乱X線除去用グリッドの効果によって変化するため、ここでは「グリッド使用時の鉛ディスク部のピクセル値と、グリッドなしでの同部のピクセル値の比」を散乱X線低減率と定義する。

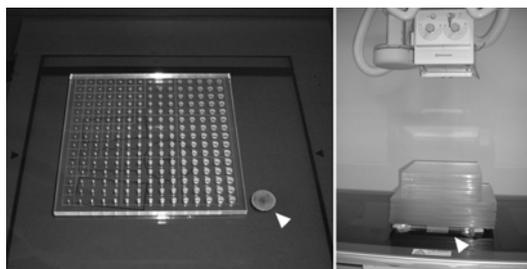


図2 鉛ディスクと撮影配置

③ コントラストノイズ特性

散乱X線が画像コントラストに及ぼす影響、および散乱X線除去用グリッドの効果を定量的に評価するため、低コントラスト信号の検出能をContrast to Noise Ratio (CNR) 特性として評価した。被写体としてアクリル板を置き (0, 5, 10, 15, 20, 25cm), 管電圧を変化 (50, 60, 80, 100, 120, 140kV) させた場合のCNRを、グリッド比の異なる散乱X線除去用グリッド ($r=5, 6, 8, 10, 12$, なし) について測定した。

低コントラスト信号として、バーガーファントム (京都科学社製, 凹型) の直径8mm, 深さ8mmの穴 (図3) を用い、穴部とその直上のアクリル部のピクセル値の差をコントラスト、アクリル部のピクセル値の標準偏差をノイズとし、両者の比をCNRと定義する。

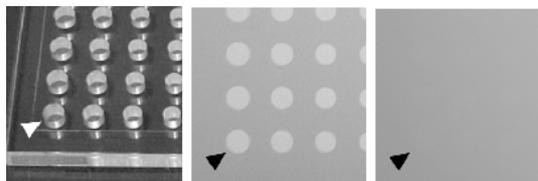


図3 バーガーファントムの写真

図3(中)はアクリル板なし (管電圧120kV, グリッドなし) の画像, 図3(右)はアクリル板25cm (管電圧120kV, グリッドなし) の画像である。被写体厚が厚いほど散乱X線が増し、画像コントラストが低下しているのが確認できる。結果および考察

4. 研究成果

① 線質特性 (管電圧特性)

X線エネルギーを管電圧で変化させた場合

の入出力特性（デジタル特性曲線）の結果を図4に示す。

どの管電圧においても、入出力関係は高い直線性 ($R^2 > 0.998$) を有していることが確認できる。また、最大ピクセル値はおおよそ 6000 程度であり、どの管電圧でも共通していることから、この値はシステムとして制限されていると考えられる。本研究では、FPD の保護カバーや自動露出制御装置の検出部などを含めた、臨床に近い状態で測定を行った。その結果、低管電圧ではそれらによる吸収が大きく、結果として FPD 本体（センサー部）への入射線量が減少した結果、直線の傾きが小さくなった（低感度になった）と考えられる。

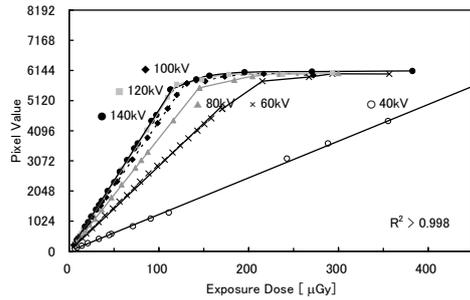


図4 管電圧変化による入出力特性曲線

② 散乱X線低減率

図5～9に、被写体（アクリル板）厚ごとにまとめた散乱X線低減率の結果を示す。

図中の点線（横線）は散乱X線低減率50%を表しており、これを満たすのに必要な散乱X線除去用グリッドのグリッド比は、被写体（アクリル板）厚によっても変化するが、管電圧のおおよそ 1/10 程度であった。

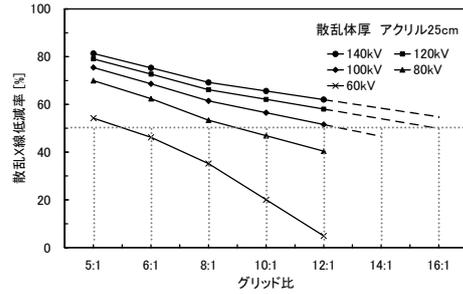
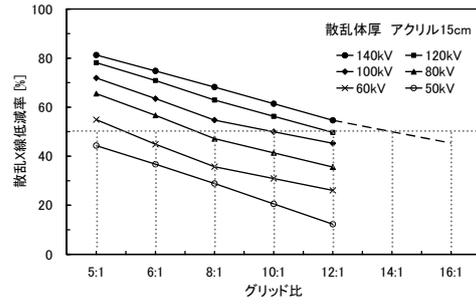
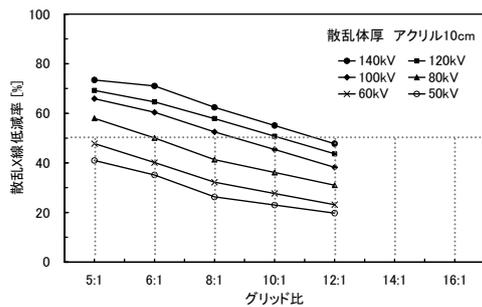
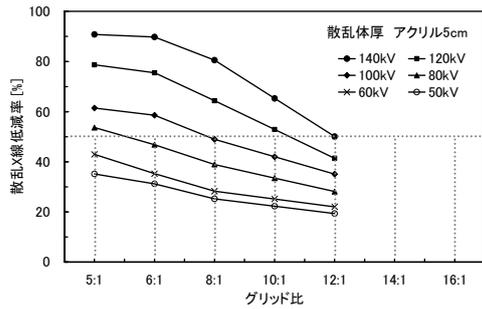


図5 散乱率（アクリル 5, 10, 15, 25cm）

被写体（アクリル板）厚および管電圧の組み合わせに対して、散乱X線低減率を50%に抑えるために必要なグリッド比を表1にまとめて示す。比較的薄い被写体厚（アクリル 5～10cm）に対しては、管電圧の 1/10 のグリッド比より、ワンランク下のグリッド比を選択しても散乱X線低減率50%を満たせるのに対して、中程度の被写体厚（アクリル 15～20cm）では管電圧の 1/10 のグリッド比が必要となった。さらに厚い被写体（アクリル 25cm）では、低管電圧領域よりも高管電圧領域において、管電圧の 1/10 のグリッド比より、さらに高いグリッド比を要する結果となった。

③ コントラストノイズ特性

図10～15に、被写体（アクリル板）厚ごとにまとめたCNRの結果を示す。

被写体（アクリル板）が無い場合（図6）では、散乱X線による画像コントラストの低下が生じないため、CNRは被写体コントラストにのみ依存すると考えられ、管電圧が高くなるほどCNRも低下するという結果となった。また、散乱X線の発生量自体が少ないため、グリッド比の違いによる散乱X線低減率の効果の違いも現れにくく、CNRはほぼ一定の値を示した。

管電圧によって決まる被写体コントラストに加えて、被写体（アクリル板）厚が増えていくと散乱X線も増加する。CNRは被写体（アクリル板）厚にしたがって低下する（図6）。散乱X線除去用グリッドを用いた場合、

グリッド比が高くなるにともない散乱X線低減率が小さくなり、CNRは改善されていく。この場合でも、散乱X線低減率50%を満たすグリッド比を用いると、ほぼ同程度のCNR(図中の丸印より、アクリル板10cmの場合でCNR10%程度、同20cmの場合でCNR7%程度)に改善されていることが分かる。さらに、アクリル板25cmでは、散乱X線除去用グリッドを使用しない状態ではCNRの低下は著しく、視覚的にもほとんど認識できない(図3右下)。この状態でも、散乱X線低減率50%を満たすグリッド比を用いると、CNR6%程度の改善が認められる。

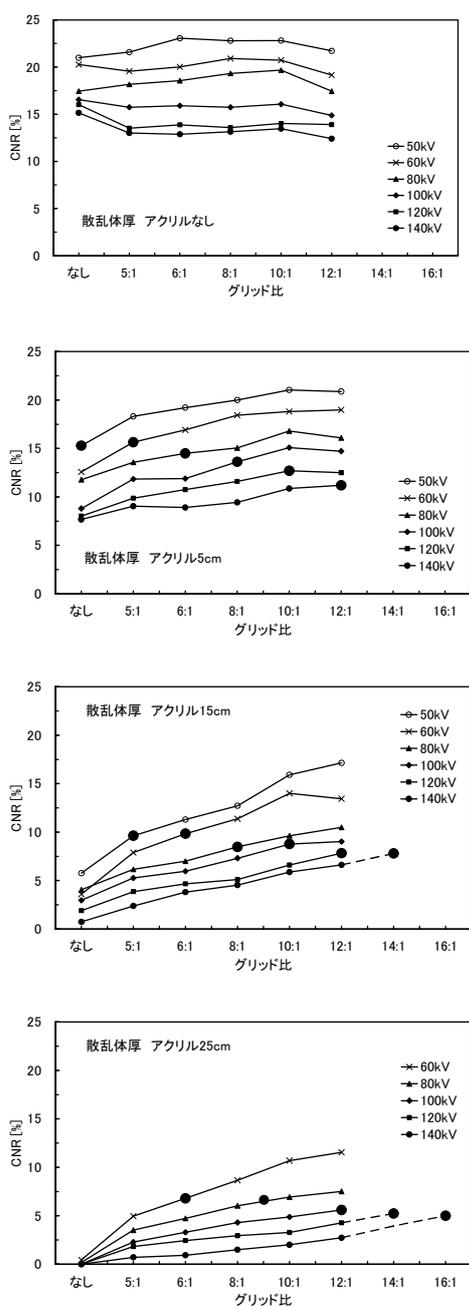


図6 CNR(アクリル0, 5, 15, 25cm)

(2) 結論

散乱X線の発生(量)は、管電圧で決まるX線エネルギーや被写体厚(組成)、照射野の大きさなどの要因で決まり、画像コントラストの低下という画像診断上、最も重大な悪影響を及ぼしている。散乱X線を除去するため、従来から散乱X線除去用グリッドが用いられてきた。この適用基準として

- ①肩関節または膝関節より厚い部位(被写体)に対して使用する…使用の適否。
- ②グリッド比はおよそ管電圧の1/10のものを使用する…性能(グリッド比)の選択。といった臨床経験上の知見から適用を判断している。

しかし、同じ部位でもその厚さには個人差があり、部位によって管電圧が決まり、ひいては散乱X線除去用グリッドの性能(グリッド比)が決まるという単純な適応基準では、薄い被写体にとっては散乱X線量が少ないにもかかわらず、必要以上のグリッド比を用いることによって、画像コントラストは良好だが、必要以上の被曝線量が投与されてしまう。これとは逆に、厚い被写体にとっては散乱X線量が多いにもかかわらず、必要以下のグリッド比を用いることによって、被曝線量の増加は抑えられるが、画像コントラストが不良となり、診断に支障をきたす恐れが生じる。

本研究では、一般撮影用直接変換方式FPDにおける散乱X線除去用グリッドの適応基準を、管電圧および被写体厚の両面から求めていった。今回用いたFPDシステムの入出力特性より、低エネルギーX線領域では比較的低感度となり、その結果、薄い被写体(アクリル板5~10cm相当)に対しては、管電圧の1/10より、ワンランク低いグリッド比を選択しても散乱X線低減率50%を満たせるのに対して、中程度の被写体(同15~20cm相当)では管電圧の1/10のグリッド比が必要となった。さらに厚い被写体(同25cm相当)では、とくに低管電圧よりも高管電圧の領域で、より高いグリッド比を要する結果となった。以上より、一定の基準(散乱X線低減率50%)にしたがって、被写体厚および管電圧に対してグリッド比を選択すると、CNRで一定の改善(およそ6~10%程度)が見られ、必要とされる画質(画像コントラスト)に応じた被曝線量に抑えることが可能となった。

(3) 結語

本研究では、従来、画一的であった散乱X線除去用グリッドの適応基準について、被写体厚および管電圧の両面に対応させた適応基準を示すことにより、必要な画像コントラ

ストの維持と、被曝線量の抑制を同時に実現することが可能となった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 8 件)

① 水田正芳、赤澤博之、笠井俊文、他(4)：キャリブレーション線量がFPDのノイズ特性に与える影響、日本放射線技術学会第 65 回総合学術大会、[予稿集]、査読なし、2009 年、114-114.

② 水田正芳、笠井俊文、赤澤博之、他(3)：FPDキャリブレーション時の線質変化がノイズに特性に及ぼす影響、日本放射線技術学会誌第 64 回総合学術大会 [予稿集]、査読なし、2008 年、122-122.

③ Hiroyuki Akazawa、Toshifumi Kasai、Nobuhiro Oda、Motohiro Nishitani. : Appropriate adjustment of anti-scatter grids for a direct-type FPD, The 8th Taiwan-Japan-Korea International Joint Conference of Radiological Technologists and The 41st Annual Meeting of ARTROC. (proceedings) , 査読なし、2008年、41-41.

④ 笠井俊文、赤澤博之、西谷源展、他：フラットパネルディテクタにおける散乱 X 線除去用グリッドの適用研究、INNERVISION、査読なし、22. 7、2007 年、52-52.

⑤ 赤澤博之、笠井俊文、西谷源展、他(4) , 放射線治療用フラットパネルディテクタ (FPD) の画像特性、日本放射線技術学会第63回総合学術大会[予稿集]、査読なし、2007年、283-283.

⑥ 赤澤博之、笠井俊文、西谷源展、他(4)：一般撮影用直接変換型FPDの画質評価 -散乱線特性-、日本放射線技術学会第62回総合学術大会[予稿集]、査読なし、2006年、175-175.

⑦ 水田正芳、笠井俊文、赤澤博之、他(3)：一般撮影用直接変換型FPDの画質評価 -基本特性-、日本放射線技術学会第62回総合学術大会[予稿集]、査読なし、2006年、175-175.

⑧ 水田正芳、笠井俊文、赤澤博之、他(3)、直接変換型FPDのアンプgain変化による画像特性、日本放射線技術学会誌、査読なし、62. 9、2006年、1284-1284.

[学会発表] (計 8 件)

① 水田正芳、赤澤博之、笠井俊文、他(4)：キャリブレーション線量がFPDのノイズ特性に与える影響、日本放射線技術学会第 65 回総合学術大会、2009 年 4 月 17-19 日、横浜市。

② 水田正芳、赤澤博之、笠井俊文、他(4)：FPDキャリブレーション時の線質変化がノイズ特性に及ぼす影響、日本放射線技術学会第64回総合学術大会、2008年4月4-6日、横浜市

③ 赤澤博之、中森伸行：ウェーブレットレットを用いたグリッドの散乱 X 線除去効果の解析、第152回医用画像情報学会秋季学術大会、2008年10月4日、広島市。

④ Hiroyuki Akazawa、Toshifumi Kasai、Nobuhiro Oda、Motohiro Nishitani. : Appropriate adjustment of anti-scatter grids for a direct-type FPD., The 8th Taiwan-Japan-Korea International Joint Conference of Radiological Technologists and The 41st Annual Meeting of ARTROC. 2008. 2. 24, HsinChu, Taiwan.

⑤ 赤澤博之、笠井俊文、西谷源展、他(4)：一般撮影用直接変換型FPDの画質評価 -散乱線特性-、日本放射線技術学会第62回総合学術大会、2006.

⑥ 水田正芳、笠井俊文、赤澤博之、他(3)：一般撮影用直接変換型FPDの画質評価 -基本特性-、日本放射線技術学会第62回総合学術大会、2006.

⑦ 水田正芳、笠井俊文、赤澤博之、他(3)、直接変換型FPDのアンプgain変化による画像特性、日本放射線技術学会、62. 9、2006.

⑧ 赤澤博之、笠井俊文、西谷源展、他(3) , 放射線治療用フラットパネルディテクタ (FPD) の画像特性、日本放射線技術学会第63回総合学術大会、2007.

[図書] (計 2 件)

① 笠井俊文、赤澤博之、他共著：オーム社(東京)、診療画像機器学、2006年、総ページ372(8-127).

② 笠井俊文、漢那憲聖、拵信博、他共著：文光堂、図解診療放射線技術実践ガイド、2006年、総ページ372(429-437, 484-495).

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

<http://www.jsrtkinki.jp/ec/movie.php>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

笠井俊文 (KASAI TOSHIFUMI)
京都医療科学大学・医療科学部・教授
研究者番号：70194701

(2) 研究分担者

向井孝夫 (MUKAI TAKAO)
京都医療科学大学・医療科学部・教授
研究者番号：40093322
西谷源展 (NISHITANI MOTOHIRO)
京都医療科学大学・医療科学部・教授
研究者番号：30228184
小田紘弘 (ODA NOBUHIRO)
京都医療科学大学・医療科学部・教授
研究者番号：60460747
赤澤博之 (AKAZAWA HIROYUKI)
京都医療科学大学・医療科学部・講師
研究者番号：1036955

(3) 連携研究者

水田正芳 (MIZUTA MASAYOSHI)
京都府立医科大学病院・放射線部・主任
関川克己 (SEKIKAWA KATSUMI)
(株)島津製作所・医用機器事業部・主任
河合益美 (KAWAI MASUMI)
(株)島津製作所・医用機器事業部・課長