40-173

ワイヤレス型平面検出器における X 線自動検出応答特性の基礎的検討

○實平 有祐、上田 康之、藤本 裕樹、藤本 昂也、山根 正聡、楢﨑 亜希子、久冨 庄平、上田 克彦
山口大学医学部附属病院 放射線部

【背景】従来の平面検出器を用いた X 線撮影装置は、X 線装置との連動が必須であり、システムとして切り離すことは不可能であった。しかし、近年登場したワイヤレス型平面検出器（無線 FPD）は、X 線装置と連動する　ことなく撮影が可能である。これは、照射した X 線を　無線 FPD 自身が感知し、自動的に X 線収集モードに遷移することで X 線撮影を可能にする X 線自動検出機能技術を用いている。しかし、この機能には X 線を検出してから収集状態に遷移するため、X 線を収集開始するまでの応答遅延が起こりうる（応答遅延）ことや、検出できないほど低い線量での撮影では検出できない可能性がある（線量応答限界）ことが懸念される。また、臨床での経験から、無線 FPD は物理的衝撃を受けた時に、X 線収集モードに遷移する（衝撃誤応答）ことが確認できている。

【目的】無線 FPD における X 線自動検出機能の応答特性のうち、衝撃誤応答特性、線量応答限界特性、応答遅延特性について基礎的な検討を行った。

【方法】無線 FPD は KONICA MINOLTA 社製の AeroDR、CR は KONICA MINOLTA 社製の REGIUS model 190、X 線発生装置は島津製作所製の RAD Speed Pro、線量計は Radcal 社製の Model 9015 を使用した。

衝撃誤応答特性については、床面に設置した無線 FPD に、紙粘土で作成した球体を自由落下させ、（球体の重さ：0.1～7.8［g］、高さ：10～200［cm］）衝突時の X 線自動検出機能の応答による閾値の有無を検討した。

線量応答限界については、撮影条件を変化させて X 線を照射した時の、無線 FPD の応答の有無より、照射線量と応答の関係を検討した。無線 FPD への 照射線量は $5.0 \sim 7.9 \times 10^2$［nC/kg］、撮影時間は 1.6～320［ms］とした。

応答遅延特性については、無線 FPD の前面に CR を重ねて配置し、等速円運動させた金属棒を撮影し、無線 FPD、CR それぞれの画像より金属棒の軌跡の長さを解析し、その差より遅延時間を求めた。条件として撮影時間は 2.0、4.0、6.3［ms］の 3 種類を用い、SID = 180［cm］とした。

【結果】それぞれの結果を Table 1 に示す。衝撃力の閾値は、標準感度、高感度で閾値に大きな差が認められなかった。しかし、低感度は標準感度、高感度と比較して約 20 倍の衝撃力まで誤応答がなかった。また、検出限界線量には閾値が見られなかったが、線量率には閾値を確認でき、その閾値は、低感度から高感度になるにつれて小さくなった。応答遅延時間は各感度モード間で有意差はなく 100［μs］以下であった。

Table1　X 線自動検出機能の応答特性

感度モード	低感度	標準感度	高感度
衝撃力の閾値［N］	4.0	0.23	0.17
検出限界線量［nC/kg］		閾値なし	
検出限界線量率［nC/kg・ms］	2.86	0.10	0.04
応答遅延時間［μs］	82 ± 29	71 ± 26	67 ± 29

【考察】衝撃誤応答特性では、低感度ほど衝撃力に強く、誤応答が少ない。また、線量率応答限界では、高感度ほど低い線量率の X 線に応答可能で、X 線検出に優れている。すなわち、衝撃誤応答特性の観点から見ると低感度を選択したほうが良いこと、線量応答限界特性の観点から見ると高感度を選択した方が良いことがわかり、両者はトレードオフの関係にあることが明らかになった。また、応答遅延特性については、応答遅延時間の平均値は低感度よりも高感度において僅かに短くなったが、測定結果のばらつきが多く、有意差は認められなかった。しかし、応答遅延時間はどの感度においても 100［μs］以下と非常に小さい値であったことから、臨床において無線 FPD を使用した際に、X 線利用効率が問題となることは無いと考える。

【結語】各感度モードと、X 線自動検出機能の応答特性との関係が明らかになった。今回得られた結果は、状況に応じて適切な感度モードを選択することに有用であると考える。

40-174 ワイヤレス型平面検出器とComputed Radiographyの物理評価

○小竹林 孝哉、近沢 苑、楢﨑 亜希子、上田 克彦
山口大学医学部附属病院 放射線部

【目的】

当院では、X線自動検出技術を有するKONICA MINOLTA社製ワイヤレス型平面検出器（AeroDR：画素サイズ175 ㎛）と同社製Computed RadiographyのREGIUS MODEL190（CR：画素サイズ175 ㎛）を使用している。本研究では、AeroDRとCRの入出力特性、解像特性およびノイズ特性について比較検討を行った。

【方法】

X線発生装置は島津製作所製のRAD speed Proを使用し、線量計にはRadcal社製のmodel 9015（6cc-chamber 90×5-6M）を使用した。また、X線質はIECによって規格されたRQA5を用い、実験配置も同規格に準じて行った。

入出力特性はタイムスケール法を用い、ディジタル特性曲線を作成した。解像特性はエッジ法を用い、タングステンエッジを検出器に対し2.5度傾けて配置した。また、最大ディジタル値が約80％の線量で照射し、水平方向と垂直方向のpresampled MTF（MTF）を算出した。ノイズ特性は2次元フーリエ変換法を用い、入射表面線量には1mR（2.58×10^{-7}C/kg）を用いた。また、解析にはIECに準じて400万画素以上の画像を使用し、水平方向と垂直方向のdigital WS（WS）を算出した。

【結果】

入出力特性においてCRは、低露光域から高露光域まで直線性が保たれていたが、AeroDRは、低線量部の直線性が保たれていなかった。また、AeroDRとCRのダイナミックレンジは共に10^4となった。

Fig.1にAeroDRとCRのMTFを示す。解像特性においては、AeroDRのMTFは水平方向と垂直方向でほぼ一致し、CRのMTFは垂直方向が水平方向と比較して高い値を示した。全体では、CRの垂直方向、AeroDR、CRの水平方向の順に高いMTFを示した。また、CRの水平方向はナイキスト周波数付近で特異的な形を示した。

Fig.2にAeroDRとCRのWSを示す。ノイズ特性において、AeroDRのWSは水平方向と垂直方向でほぼ一致した。しかし、CRのWSは水平方向が垂直方向と比較して低い値となった。また、CRでは周波数が高くなるにつれて垂直方向に比べ水平方向がより低い値を示す傾向となった。全体では、WSはAeroDRがCRと比較して低い値となった。

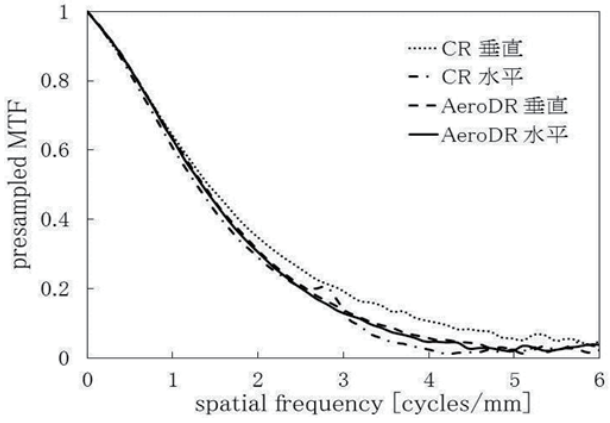

Fig.1　presamped MTF

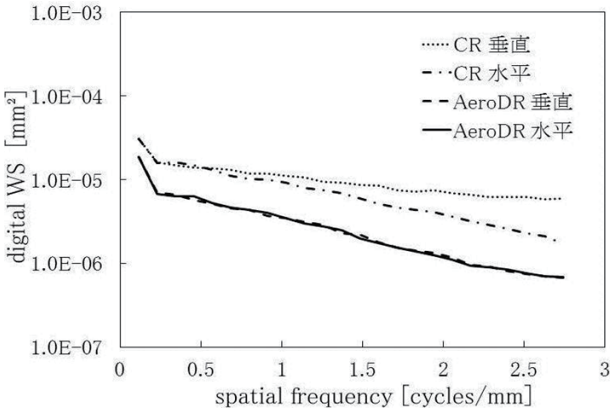

Fig.2　digital WS

【考察】

入出力特性においてAeroDRは低線量部で直線性が保たれなかった。これは検出器の暗電流などがノイズとなり画像に影響を与えていることが示唆される。CRの解像特性とノイズ特性共に水平方向と垂直方向で一致しなかった。この原因として、アンチエリアシングフィルタの影響が考えられる。AeroDRのノイズ特性はCRより優れていた。この原因として、X線に対する検出感度がCRよりもAeroDRの方が優れていた可能性が示唆される。

【結論】

物理評価において、AeroDRの解像特性は水平方向、垂直方向共にCRの垂直方向と比較し劣っていたが、ノイズ特性は水平方向、垂直方向共にAeroDRの方がCRと比較して優れていた。

40-175 ワイヤレス FPD の物理特性の検討 ―据付型 FPD との比較―

○藤井 進、石井 里枝、福井 亮平
鳥取大学医学部附属病院 放射線部

【目的】当院で使用している一般撮影装置は据付型 FPD（以下 standFPD）とワイヤレス FPD（以下 wirelessFPD）を搭載している。今回、standFPD と wirelessFPD を比較するために物理特性の MTF と NPS の測定を行ったので報告する。

【方法】IEC61267 で示されている線質（RQA3, RQA5, RQA7）に準拠して MTF、NPS の測定を行った。データは ORIGINAL DATA を用いた。MTF はエッジ法を用い、撮影線量はディジタル値が最大値の 80％を超えるように設定した。厚さ 1 ㎜のタングステンエッジを FPD に配置し、検出器の水平方向と 垂直方向を撮影した。撮影した画像に ROI を設定しプロファイルカーブを作製しそれを合成することで Edge Spread Function を算出した。それを微分して Line Spread Function にし、高速フーリエ変換（FFT）を行い、MTF を算出した。NPS は仮想スリット法を用い、撮影線量は基準線量と 1/3.2、3.2 倍の線量で行った。FPD 前面の中心を 30 × 30 ㎝残し鉛で覆い、撮影線量で均一露光した画像を作製した。そして、その画像に ROI を設定し仮想スリットを用いてプロファイルカーブを作製した。FFT を行い、NPS を算出した。

【結果】wirelessFPD の MTF は standFPD の MTF と同等であり、両 FPD 間に差は認められなかった（Fig.1）。wirelessFPD の NPS は standFPD のものに比べて低周波数領域では常に低い値であり高周波数領域ではほぼ同等の値であった（Fig.2）。また、管電圧が大きくなると低周波数領域の差も小さくなった（Fig.3）。

これは、standFPD では前面の天板や自動露出機能での吸収があるため NPS が高い値になったと考えられる。

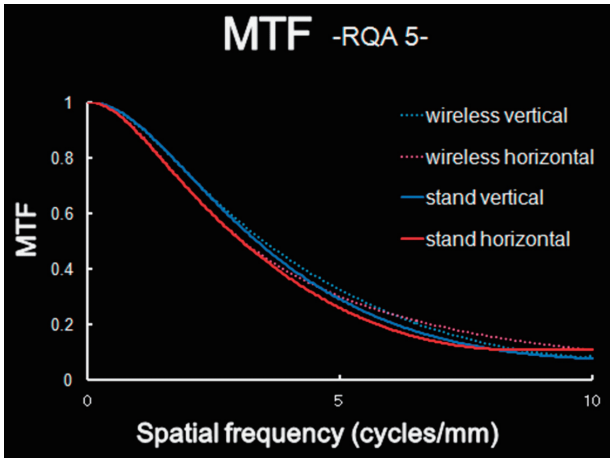

Fig.1 MTF（RQA5）

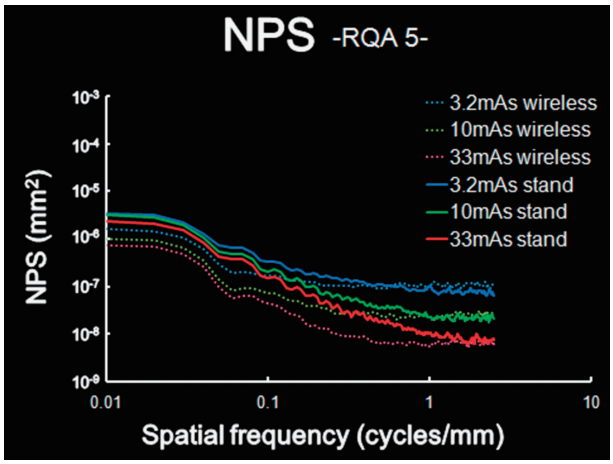

Fig.2 NPS（RQA5）

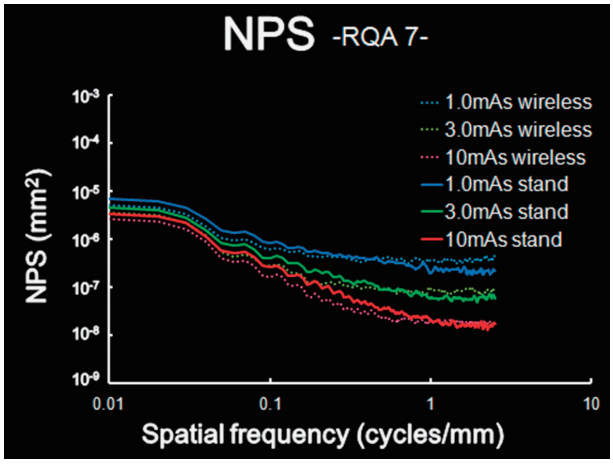

Fig.3 NPS（RQA7）

【結語】今回、算出した NPS、MTF に関して wirelessFPD と standFPD の物理特性に差は認められなかった。したがって、臨床において wirelessFPD は standFPD と同等の画質が得られると考えられる。

【参考文献】
1）『ディジタル X 線画像計測』 市川勝弘・石田隆行 オーム社出版. 2010
2） IEC61220- 1: Medical electrical equipment Characteristics of digital X-ray imaging devices Part1:Determination of the detective quantum efficiency, ed. 1. 2003
3） IEC61267 Ed. 2.0, Medical diagnostic X-ray equipment Radiation conditions for use in the determination of characteristics. 2005

40-176 可搬型 FPD を用いた一般撮影装置における推定表面線量の評価

○御古 謙太、石井 里枝、福井 亮平
鳥取大学医学部附属病院 放射線部

【背景】当院の一般撮影装置（Digital Diagnost, Philips 社製）は可搬型 FPD を搭載している。同装置の固定型 FPD に対する推定面積線量の基本特性の評価は報告されているが、可搬型 FPD の評価の報告はない。この装置では、撮影条件と絞りの面積から算出される面積線量（DiDi 値）が画面に表示される。

【目的】可搬型 FPD における DiDi 値と線量計の測定値の比較を行い評価した。

【方法】線量測定の実験配置は SID1000 ㎜、可搬型 FPD から線量計（Radcal 9015、10 × 5-6）までの距離を 500 ㎜に設定した（Fig.1）。照射野は 200 × 200 ㎜と 300 × 300 ㎜、管電圧は 50、70、90kV に変化させ、この時の測定値および DiDi 値から算出される表面線量値を比較した。加えて、撮影条件から Numerical Dose Determination（NDD）表面線量値を算出し、上記 2 つの値と比較した。NDD 表面線量値は、茨城県放射線技師会配布の Excel シートを使用し算出した。また、同撮影条件下で、照射野を 100 × 100 ㎜から 50 ㎜ずつ広げて、350 × 350 ㎜まで変化させた時の DiDi 値と線量計の測定値との比較した。

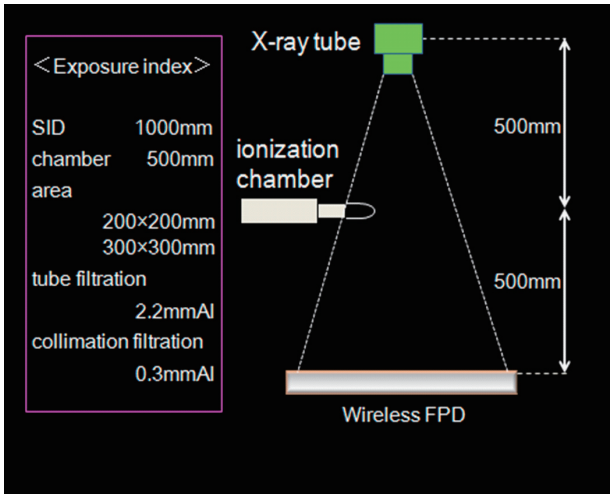

Fig.1 Geometry

【結果】線量計の測定値から算出した表面線量値は DiDi 値から算出した値と同等だった。Fig.2 は、線量計の測定値から算出した管電圧と表面線量値との関係を示した。DiDi 値は NDD 表面線量値に近似した値となった。Fig.3 は照射野を変化させた時の線量計の測定値と DiDi 値の関係を示した。撮影条件を変化させた時の照射野に対する DiDi 値と線量計の測定値は、わずかな差が見られた。管電圧 70kV のデータで近似直線を描出した時、測定値の近似直線の傾きは DiDi 値の近似直線と比べて 1.059 倍高い値を示した。

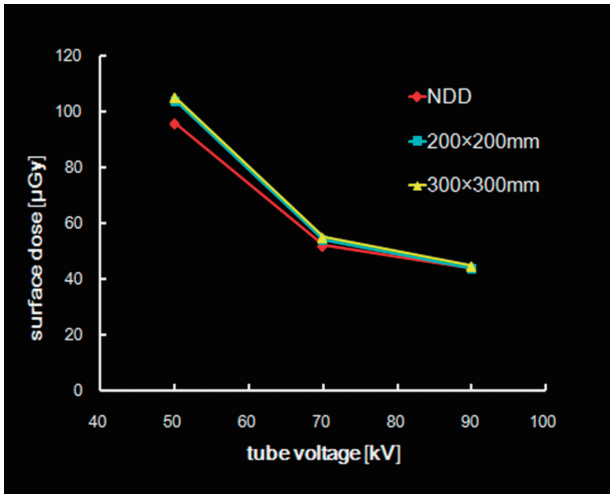

Fig.2 The relations with surface dose and the tube voltage that calculated from a measured value

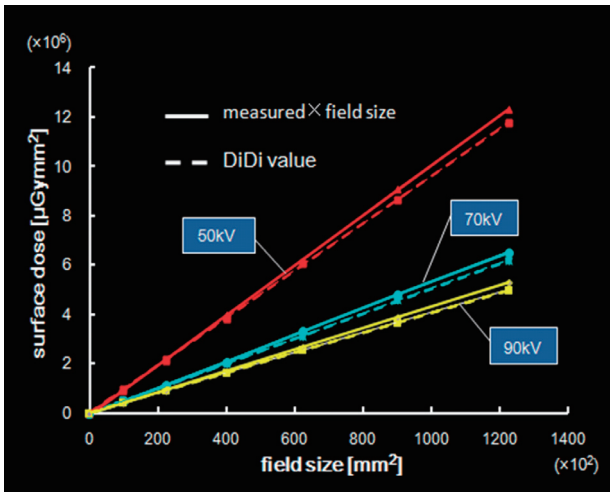

Fig.3 The relations with a DiDi value and the measurements for the field size to change

【結論】可搬型 FPD における DiDi 値と線量計の測定値を比較した。今後は DiDi 値を参考値として現場で活用する事で、患者の医療被ばく管理に利用出来る。

【参考文献】

1） 中前 光弘、一般撮影における推定面積線量の特性評価と臨床応用、2011